



Miguel de Vasconcelos Pereira

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Aplicação da simulação na melhoria da
eficiência da gestão hospitalar.
Caso de estudo no hospital de Herlev**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Prof^a. Doutora Ana Paula Ferreira Barroso,
Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Carlos Bárbara Grilo

Arguente: Prof. Doutor Izunildo Fernandes Cabral

Vogal: Prof^a. Doutora Ana Paula Ferreira Barroso



setembro de 2016

Aplicação da simulação na melhoria da eficiência da gestão hospitalar. Caso de estudo no hospital de Herlev

Copyright © Miguel Pereira, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a muitas pessoas, que de algum modo contribuíram para que eu escrevesse esta dissertação. Agradeço, principalmente, às pessoas que nomearei em seguida.

Em primeiro lugar, ao Professor Peter Jacobsen, por me ter respondido, convidado a fazer o projeto na Dinamarca e ainda pela simpatia com que sempre me recebeu.

Gostaria de agradecer também à Professora Ana Paula Barroso, pela orientação, apoio e disponibilidade apresentadas sempre que solicitada.

Agradeço também à minha família: mãe, pai, irmãs, tios, avós e primas. Pelo apoio constante, não só neste trabalho mas desde sempre.

Por último, o meu agradecimento mais especial. A quem me incentivou a sair da “zona de conforto” para que no futuro tenha mais possibilidades de sucesso, a quem mais me apoiou e motivou durante este trabalho. A Teresa.

Resumo

O setor da saúde é de grande importância para toda a população, principalmente nos países subdesenvolvidos, onde existe uma elevada taxa de mortalidade. Contudo, também nos países desenvolvidos existem problemas no setor da saúde, nomeadamente nos hospitais, relacionados com a eficácia, como por exemplo a falta de medicamentos, médicos e camas que colocam em risco os pacientes, e a reduzida eficiência que, no limite, os tornam insustentáveis. Assim, uma gestão hospitalar eficaz e eficiente é muito importante em qualquer sociedade.

O objetivo desta dissertação é, numa primeira fase, realizar uma revisão da literatura sobre a gestão da logística hospitalar, mais concretamente sobre a gestão das camas hospitalares, e identificar a tecnologia e a inovação passíveis de serem implementadas a médio prazo em hospitais. Numa segunda fase, apresentar a técnica de simulação e identificar as vantagens da sua aplicação na gestão hospitalar. Por último, usando o caso de estudo do departamento de pediatria do hospital de Herlev, na Dinamarca, mostrar que a simulação apoia a tomada de decisão no que respeita à melhoria da eficiência da gestão da logística hospitalar.

O caso de estudo refere-se especificamente à gestão das camas do departamento de pediatria do hospital de Herlev, sendo os dados necessários à modelação fornecidos pelo próprio hospital. O caso de estudo, sistema atual do departamento de pediatria, é modelado usando o *software* Arena. Com base na modelação do sistema atual são propostos três cenários tendo em conta a variabilidade do número de pacientes que se prevê existir no futuro e algumas alterações no processo de movimentação das camas dentro do hospital e respetivo processo de limpeza. São identificados os indicadores de desempenho relevantes que devem ser determinados e monitorizados para melhorar a eficiência da gestão hospitalar.

Os resultados obtidos na simulação dos diferentes cenários são analisados o que permite concluir que existem tecnologias a médio e longo prazo que podem promover a melhoria da eficiência nos hospitais e que há vantagem em aplicar a simulação na gestão hospitalar. Em trabalho futuro deverá ser garantida a disponibilidade de mais informação relativamente ao sistema a modelar, fator que limitou a modelação do sistema atual.

Palavras-chave: Gestão hospitalar; Simulação; Eficiência; Cama hospitalar.

Abstract

The health sector has a great importance for the world population, mainly in developing countries, where there is a high mortality rate. However, even in developed countries there are problems in the health sector, especially in hospitals, related to the effectiveness, such as the shortage of medicines, doctors and beds that endanger patients, and reduced efficiency which, could become unsustainable. Thus, an effective and efficient hospital management is very important in any society.

The aim of this dissertation is, in a first stage, to conduct a literature review on hospital logistics management, specifically on the management of hospital beds, and identify the technology and innovation that could be implemented in the medium term in hospitals. In a second stage, present the simulation technique and identify the benefits of its application in hospital management. And finally to demonstrate that the simulation supports the decision making with regard to improvement of hospital logistics management efficiency, using the case study of the pediatric department at Herlev Hospital in Denmark.

The case study refers specifically to the management of beds pediatrics department of Herlev Hospital, and the data required for modeling was provided by the hospital. The case study about current pediatric department system, is modeled using the software Arena. Based on the modeling of the current system are proposed three scenarios related to the variability of the number of patients which is expected to exist in the future, some changes in the movement process of the beds within the hospital and the beds cleaning process. Relevant performance indicators which should be determined and monitored to improve the efficiency of hospital management were also identified in this dissertation.

The results obtained in the simulation of different scenarios are analyzed showing that there are technologies in the medium and long term that can improve the efficiency in hospitals and that the simulation can bring some advantages when applied to hospital management. In future studies it should be guaranteed the availability of more information regarding the system to model, which has limited the modeling of the current system.

Keywords: Hospital Management; Simulation; Efficiency; Hospital bed.

Índice Geral

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 - Enquadramento e justificação do tema	1
1.2 – Objetivos	3
1.3 - Descrição da metodologia a utilizar	4
1.4 – Estrutura da dissertação	4
Capítulo 2 - A simulação na gestão hospitalar	5
2.1 - Gestão da logística nos hospitais.....	5
2.2 - Gestão das camas nos hospitais	7
2.2.1 Transporte de camas hospitalares.....	7
2.2.2 Limpeza de camas hospitalares	10
2.2.3 Tecnologias de rastreamento de camas.....	13
2.2.4 O transporte, a limpeza e o rastreamento das camas hospitalares em resumo	15
2.3 - Informações e dados importantes na gestão de um hospital.....	16
2.4 - A simulação e as suas aplicações na gestão da saúde.....	17
2.4.1 A técnica de simulação	17
2.4.2 Vantagens da aplicação da simulação na gestão hospitalar	19
2.4.3 Simulação no <i>software</i> Arena	20
Capítulo 3 - Caso de Estudo: O hospital de Herlev	23
3.1 - O hospital de Herlev	23
3.2 - Descrição do caso de estudo	25
3.2.1 - Ciclo de vida de uma cama hospitalar	25
3.2.2 – Apresentação de dados do caso de estudo	28
3.2.3 - Pressupostos assumidos.....	29
Capítulo 4 – Proposta de modelação do sistema	31
4.1 - Desenvolvimento do modelo de simulação do sistema atual	31
4.1.1 - Chegada dos pacientes	31
4.1.2 - Triagem dos pacientes de emergência.....	34
4.1.3 - Internamento e recolha de camas	36
4.1.4. - Limpeza das camas e transporte para o departamento de emergência	39
4.1.5 – Tempo e replicações da simulação	40
4.2 – Proposta de cenários	41
4.2.1 – Cenário A: Alteração ao número atual de camas hospitalares	41
4.2.2 – Cenário B: Aumento da taxa de chegada dos pacientes.....	41
4.2.3 – Cenário C: Diminuição do tempo de transporte e limpeza	42
Capítulo 5 – Análise e discussão de resultados	43
5.1 – Resultados para a situação atual	43
5.2 – Análise dos resultados para diferentes cenários.....	47
5.2.1 – Análise aos resultados do Cenário A.....	47

5.2.2 – Análise aos resultados do Cenário B.....	48
5.2.3 – Análise aos resultados do Cenário C.....	48
Capítulo 6 – Conclusões e recomendações	51
6.1 – Conclusões da revisão bibliográfica e do caso de estudo	51
6.2 – Sugestões para trabalhos futuros.....	53
Bibliografia.....	55

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Diagrama que ilustra as várias etapas que uma cama hospitalar percorre durante o seu ciclo de vida	2
Figura 1.2 - Metodologia utilizada na realização da dissertação	4
Figura 2.1 – Áreas da logística hospitalar	5
Figura 2.2 - Componentes-chave da Flexbe	9
Figura 2.3 - <i>TransCar®</i> , AGV da <i>Swisslog</i>	9
Figura 2.4 - Veículos de auxílio ao transporte de camas de hospital.	10
Figura 2.5 - Esquema de uma etiqueta de RFID.	14
Figura 2.6 - Diagrama da taxonomia dos modelos de simulação.....	18
Figura 2.7 - Modelação do exemplo no Arena	22
Figura 3.1 - Pirâmide etária da Dinamarca	23
Figura 3.2 - Fotografia aérea do hospital de Herlev.....	24
Figura 3.3 - Ciclo de vida de uma cama hospitalar.....	27
Figura 4.1 - Modelação da chegada dos pacientes	32
Figura 4.2 - Modelo estrutural em Arena	31
Figura 4.3 - Módulos a): "Chegada Pacientes Emergencia" e b): "Chegada Pacientes Esperados"	33
Figura 4.4 – Módulos “Pacientes Emergencia” e “Pacientes Esperados”	34
Figura 4.5 - Módulo "Paciente na Cama"	34
Figura 4.6 - Capacidade do Recurso	34
Figura 4.7 – Modelação da triagem dos pacientes de emergência	35
Figura 4.8 - Divisão dos pacientes por estado de gravidade	35
Figura 4.9 - Duração do tempo de espera e tempo de tratamento para um paciente com pulseira azul	36
Figura 4.10 - Modelação do internamento e recolha de camas.....	37
Figura 4.11 - Modelação do tempo de internamento	37
Figura 4.12 - Registo do tempo de ciclo dos pacientes	38
Figura 4.13 - Horário de recolha de camas.....	38
Figura 4.14 - Modelação da limpeza das camas e transporte para o departamento de emergência.....	39
Figura 4.15 - Horário de Limpeza de camas.....	39
Figura 4.16 - Registo de tempo de ciclo das camas num <i>Set</i>	40
Figura 4.17 - Janela do Arena com as condições de simulação	40
Figura 4.18 - Cálculo da nova taxa de chegadas.....	41
Figura 5.1 - Tempo médio de espera de cada cama em cada fila de espera	44
Figura 5.2 - Número médio e máximo de camas em fila de espera	44
Figura 5.3 - Percentagem média de utilização dos recursos "cama" e "operador"	45
Figura 5.4 - Recursos ocupados em todo o período de simulação (média das três replicações). Valores e gráfico.....	46
Figura I.1 - Visão geral do hospital de Herlev e esquema do conveyor	56

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Cenários e tecnologias associadas ao transporte, limpeza e rastreamento de camas hospitalares	15
Tabela 2.2 - Informações e tecnologias em cada etapa	16
Tabela 2.3 - Outras informações relevantes	17
Tabela 2.4 - Módulos dos processos básicos do Arena e as suas principais funções	21
Tabela 3.1 - N° de camas por 100 000 habitantes	24
Tabela 3.2 - Tempos e Distribuições associados às cores das pulseiras	28
Tabela 3.3 - Duração de todos os processos de transporte e limpeza de camas	29
Tabela 4.1 - Duração dos processos de transporte e limpeza de camas no Cenário C	42
Tabela 5.1 - Números mínimo, médio e máximo de camas necessários em cada replicação ...	45
Tabela 5.2 - Tempos de ciclo dos pacientes e camas	47
Tabela 5.3 - Resultados obtidos no Cenário A para 63 e 65 camas hospitalares	47
Tabela 5.4 - Resultados obtidos no Cenário B para 76 e 80 camas hospitalares	48
Tabela 5.5 - Tempos de ciclo dos pacientes e camas para o Cenário C	49

Abreviaturas

AGV - Automated guided vehicle

DES - Discrete event simulation

DTU - Danmarks Tekniske Universitet

HAIs - Healthcare associated infections

IP - Ingress protection

RFID - Radio Frequency identification

TNOW – Time Now

VSV - Vacuum steam vacuum

WMSD - Work-related musculoskeletal disorders

Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo pretende introduzir o tema, a importância e os objetivos da dissertação. Pretende também apresentar a metodologia adotada na sua elaboração.

1.1 - Enquadramento e justificação do tema

Um hospital é um edifício fundamental na vida das populações. Apesar do grande objetivo de um hospital ser contribuir para a saúde da população e salvar vidas, um hospital deve ser gerido como sendo uma empresa. Existem médicos e enfermeiros a contratar, medicamentos para encomendar, ambulâncias para gerir e muitas outras questões. Tal como uma empresa, um dos focos na gestão de um hospital deverá ser a redução de custos através da implementação de metodologias *lean* e da otimização de recursos. Um dos pontos-chave para isso é a gestão da logística num hospital. Dentro da logística há também muitos aspetos importantes, sendo que um deles é a gestão das camas hospitalares. Um excesso de camas numa unidade hospitalar provoca custos excessivos que prejudicam a sustentabilidade da mesma. No entanto a falta de camas hospitalares pode provocar situações graves para as pessoas que delas necessitam. Problemas associados à falta de camas existem por todo o mundo, bastando uma breve pesquisa para se encontrarem estes problemas na imprensa. O adiamento de operações é um dos problemas associados à falta de camas e pode ser encontrado na imprensa após uma breve pesquisa (RTP, 2015). Em Portugal, por exemplo têm existido inúmeros problemas associados à falta de camas nos hospitais, desde doentes incuráveis que não podem ser tratados de forma permanente (Gomes, 2008) ou doentes que perdem a vida por não terem vagas em camas de hospitais (Digital, 2014) entre outros casos. A gestão de camas hospitalares é um assunto importante a abordar, de modo a poderem ser propostas melhorias. Para se poderem fazer melhorias, primeiramente é importante conhecer os diferentes processos pelos quais uma cama de hospital passa. O tempo de cada processo pode variar consoante as características de saúde de cada paciente. Na Figura 1.1 é apresentado um diagrama que ilustra as várias etapas pelas quais uma cama hospitalar passa geralmente. O diagrama, que está representado de uma maneira simplificada, começa quando um paciente chega ao departamento de emergência e necessita de uma cama. O paciente é colocado numa cama que esteja disponível na sala de armazenagem de camas e caso o paciente esteja num estado grave de saúde irá diretamente para um local no hospital de acordo com o seu problema de saúde, onde deverá ficar internado. Caso numa primeira observação o problema não seja tão grave, ele deverá ser novamente observado e poderá ser tratado e em seguida regressar a casa ou se necessário ser também internado. Quando os pacientes estão internados poderão ser sujeitos a diferentes tratamentos e exames mas a cama continuará indisponível para novos pacientes. Só após os pacientes terem alta médica e regressarem a casa a cama será transportada para a sala de limpeza e de seguida para a sala de armazenagem, estando novamente disponível para novos pacientes.

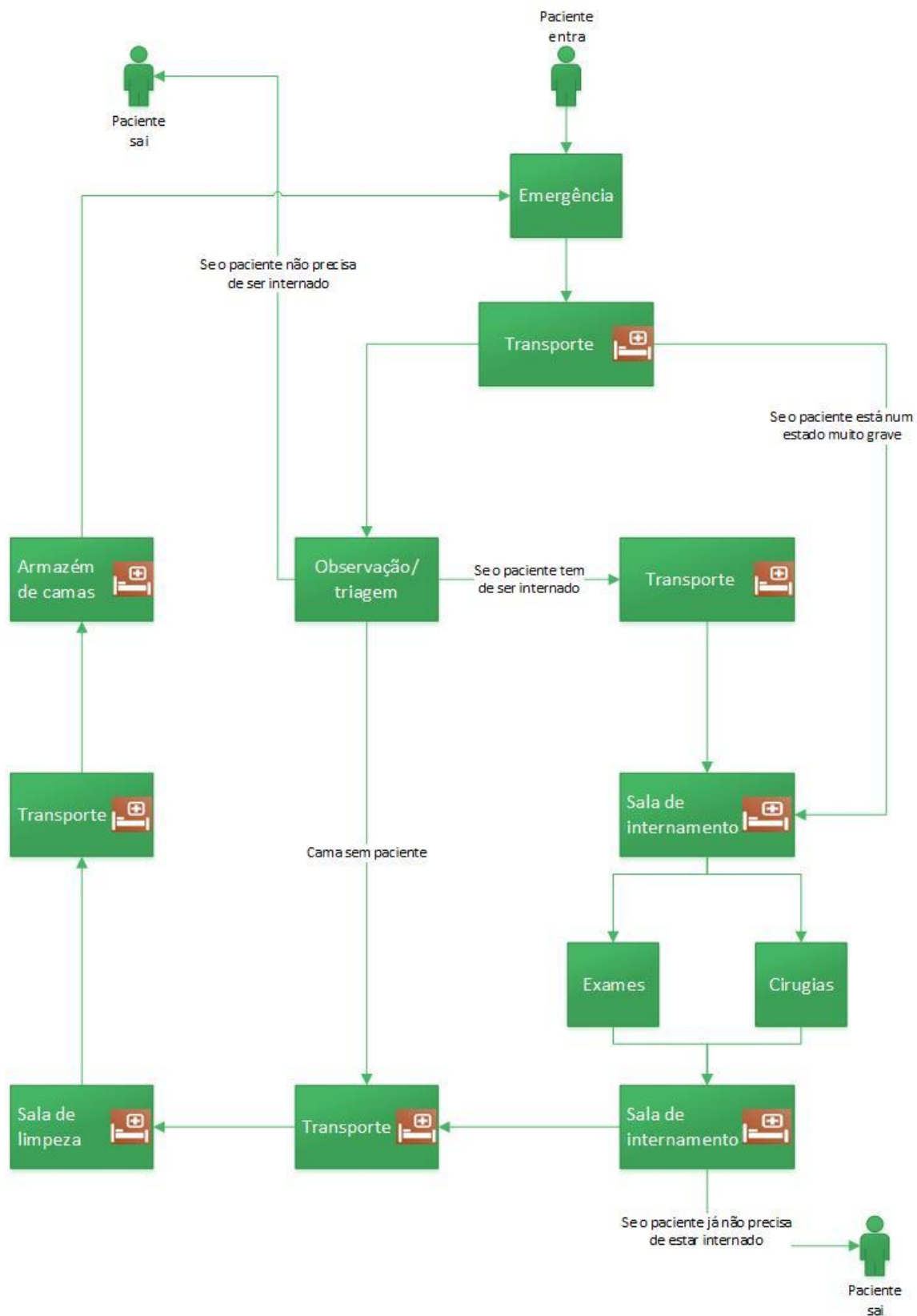


Figura 1.1 - Diagrama que ilustra as várias etapas que uma cama hospitalar percorre durante o seu ciclo de vida

Como todas as áreas, a logística hospitalar está em permanente evolução. No futuro a tecnologia deverá permitir a implementação de processos mais eficientes, em particular no que se refere ao transporte e limpeza das camas. A Dinamarca é um dos primeiros países que no curto prazo irá investir em automatização nos hospitais (DSV, 2016). A automatização dos processos de transporte e limpeza poderão reduzir tempos desnecessários, reduzir o número de camas necessárias e consequentemente os custos logísticos.

O setor da saúde dinamarquesa está empenhado em redesenhar e construir novos hospitais públicos, com o objetivo de aumentar a qualidade e eficiência do serviço de saúde (Andersen & Broberg, 2015). Com o propósito de melhorar a logística hospitalar têm de ser encontradas soluções para automatizar processos, nomeadamente para o transporte e limpeza das camas. Pretende-se que em poucos anos possa ser implementada em hospitais na Dinamarca uma solução que mantenha a segurança dos pacientes mas que seja mais eficaz e eficiente do que a atual gestão das camas dos hospitais. A solução poderá passar pela introdução de robôs para o transporte das camas e pela introdução de sistemas de limpeza e desinfecção automática. No entanto há vários problemas associados como os riscos para os pacientes, os custos de implementação da tecnologia, as distâncias nos corredores que poderão impedir alguns tipos de robôs e as diferentes necessidades de limpeza das camas.

Este trabalho pretende reunir algumas soluções e alternativas a adotar na gestão das camas hospitalares existentes na literatura e mostrar através de um caso de estudo num hospital da Dinamarca que a técnica de simulação computacional pode apoiar a tomada de decisão da gestão hospitalar.

1.2 – Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo apresentar modos de melhorar a gestão das camas hospitalares, que poderão ser utilizadas numa perspetiva de melhoria da eficiência da gestão hospitalar e da qualidade. Outro objetivo é demonstrar que a técnica de simulação computacional é uma ferramenta que deve ser utilizada na gestão de hospitais.

O desafio passa por apresentar alternativas de processos e tecnologias inovadores, que podem ser automatizados, possibilitando uma melhoria da eficiência da gestão hospitalar. Outras questões importantes a serem estudadas na reconstrução de um hospital será a determinação do número de camas que sem pôr em risco a vida e a saúde dos pacientes possa diminuir custos.

Para o efeito é efetuado um caso de estudo no hospital de Herlev, na Dinamarca, onde são analisados dados, como taxas de chegada, percentagens de pacientes internados, tempo médio de internamento entre outros e será usado um modelo de simulação que permita chegar aos melhores valores em relação a indicadores que possam ser importantes na construção ou reconstrução de um hospital como o número de camas.

A questão central da investigação passará então por verificar a literatura já existente nesta área de estudo, em seguida a resolução de um caso de estudo e por fim a apresentação de propostas e recomendações.

1.3 - Descrição da metodologia a utilizar

A metodologia a utilizar na elaboração da dissertação está representada no fluxograma da Figura 1.2. Neste fluxograma verifica-se que a primeira fase é uma revisão da literatura, quer na leitura de artigos relacionados com logística hospitalar quer com estudos utilizando a técnica de simulação. Os dados referidos no fluxograma são obtidos através do Professor Peter Jacobsen, professor associado do departamento de engenharia e gestão na *Danmarks Tekniske Universitet*, DTU, relativos ao departamento de pediatria do hospital de Herlev, na Dinamarca, e são fornecidos pelo próprio hospital. Após a obtenção dos dados irá ser adotada a técnica de simulação, através de um modelo no *software* Arena, para a obtenção de conclusões.

1.4 – Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em capítulos, tendo seis capítulos no total.

O capítulo introdutório dedica-se principalmente ao enquadramento do problema e à justificação da importância do tema.

O Capítulo 2 é dedicado a fundamentos teóricos e revisão bibliográfica, relativo à gestão da logística hospitalar, gestão das camas hospitalares, técnica de simulação e *software* Arena.

No Capítulo 3 é apresentado o caso de estudo no departamento de pediatria do hospital de Herlev, na Dinamarca, e os dados que são utilizados no modelo de simulação.

O Capítulo 4 é referente à modelação do sistema no Arena, explicando detalhadamente como o mesmo foi efetuado e propondo cenários alternativos ao sistema atual.

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos através da simulação do modelo desenvolvido no capítulo 4 e respetiva discussão, analisando os resultados obtidos.

O capítulo 6 apresenta as conclusões que são retiradas ao longo da dissertação, além de recomendações para trabalhos futuros de aplicação da simulação à gestão hospitalar.

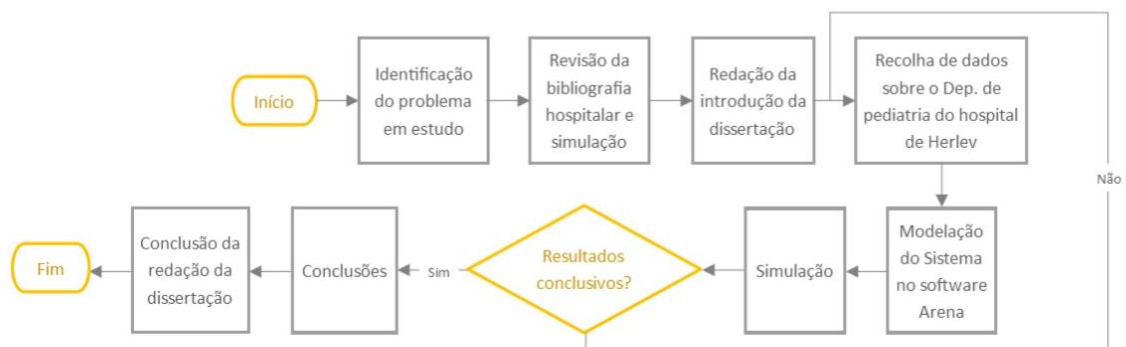


Figura 1.2 - Metodologia utilizada na realização da dissertação

Capítulo 2 - A simulação na gestão hospitalar

Para que se possa efetuar um estudo é necessário conhecer estudos já realizados sobre o assunto e para isso torna-se indispensável a existência de uma revisão da literatura. Existem alguns artigos publicados relacionados com a logística em hospitais, entre outros temas, que referem a importância de uma boa gestão de um centro hospitalar. Este capítulo tem como objetivo a definição de gestão da logística hospitalar de acordo com a literatura, a exposição de algumas inovações nesta área que podem melhorar a sua qualidade e, ainda, a introdução à técnica de simulação e as vantagens em utilizar esta técnica na melhoria da eficiência de sistemas hospitalares.

2.1 - Gestão da logística nos hospitais

Primeiramente dever-se-á definir o que é a gestão da logística nos hospitais. Esta tem a responsabilidade de assegurar que os recursos necessários estão disponíveis no local correto e no momento devido. De acordo com Kriegel *et al.*, (2013), a logística hospitalar pode ser dividida em dois grupos, produtos e pessoas. Os produtos dividem-se em medicinais ou não-medicinais e as pessoas em visitantes, pacientes e colaboradores. Por sua vez, cada grupo de produtos subdivide-se novamente. De modo a exemplificar, como se pode observar na Figura 2.1, os produtos medicinais podem ser medicamentos, transplantes entre outros. Os produtos não-medicinais mais importantes são os bens alimentares e as camas hospitalares.

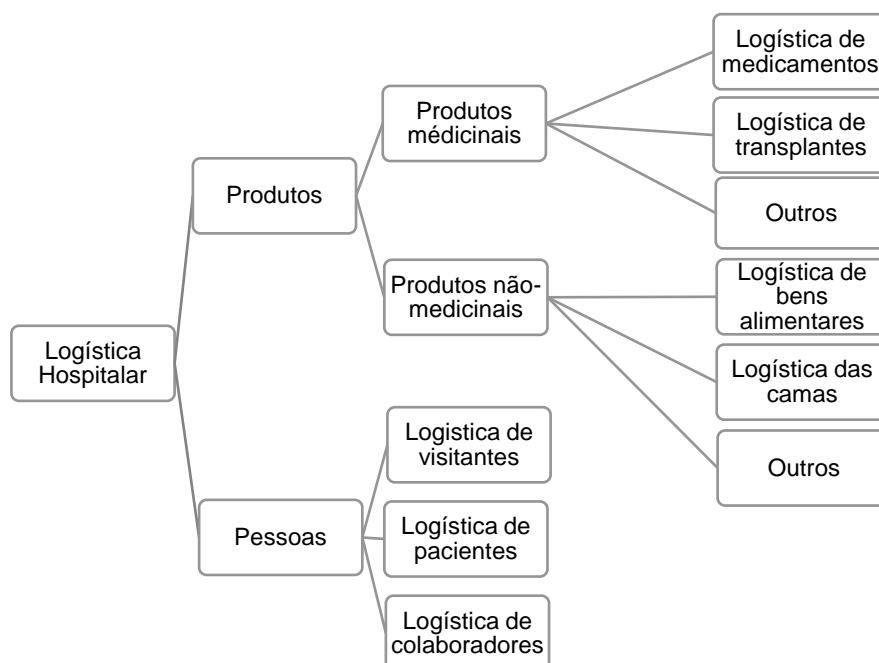


Figura 2.1 – Áreas da logística hospitalar;

Adaptado de: Kriegel *et al.* (2013)

Existem fatores políticos e principalmente económicos que têm levado os hospitais tanto públicos como privados, a terem mais atenção e investirem na melhoria da eficiência da gestão da logística dos hospitais (Aptel & Pourjalali, 2001).

Uma medição do desempenho de um hospital está sempre dependente do desempenho dos vários departamentos, como por exemplo o departamento de emergência, vulgarmente identificado por urgências, o internamento, e departamento de cirurgias. Existem muitas medidas de desempenho importantes para a gestão hospitalar, tais como o tempo de espera de um paciente no departamento de emergência, a taxa de utilização da sala de cirurgias e a percentagem de utilização de camas, o tempo de ciclo de camas e de pacientes entre outras. O tempo de ciclo na indústria é definido como o tempo total requerido para completar uma unidade de produção. No caso hospitalar o tempo de ciclo de um paciente é o tempo total que o paciente passa no hospital, desde que entrou até à sua saída. O tempo de ciclo de uma cama é o tempo desde que sai do armazém de camas limpas para ser ocupada por um paciente até ao momento que regressa a esse mesmo armazém, após ter sido ocupada por um paciente e limpa.

Um fator determinante para o desempenho global do sistema é o fluxo de pacientes que passa no sistema (Bhattacharjee & Ray, 2014). Uma vez que os pacientes neste sistema são os “clientes”, o fluxo de pacientes refere-se a todas as pessoas que entram no hospital, passam por um número de departamentos e, posteriormente, saem do sistema. A taxa de fluxo de pacientes que entra num sistema deste tipo é sazonal e é afetado quer pela localização quer pelo tipo de serviços que o hospital oferece (Alexopoulos *et al.*, 2008).

Para melhorar o desempenho de um hospital, tal como numa empresa, pode haver um aumento na qualidade do serviço ou uma redução de custos. O custo de funcionamento de um hospital pode ser dividido em quatro custos diferentes: o custo dos produtos fornecidos, os custos de administração, despesas gerais e os custos logísticos (Neumann, 2003). Os processos logísticos são essenciais num hospital para que a prestação de serviços aos pacientes seja a melhor possível. Melhorar a eficiência e eficácia dos processos de saúde não só economiza recursos, como também contribui para alcançar os objetivos organizacionais (Feibert & Jacobsen, 2015). Os custos logísticos afetam uma grande parte dos custos totais da estrutura de custos de um hospital (Kafetzidakis & Mihiotis, 2012). Mais de 30% dos custos estão relacionados com a logística, o que significa que uma logística mais eficiente será muito benéfica pois significa uma redução substancial nos custos totais dos hospitais (Aptel & Pourjalali, 2001).

Uma das formas de reduzir os custos logísticos nos hospitais está relacionada com um transporte de bens mais eficiente. Uma das hipóteses para tornar o transporte mais eficiente passa pela implementação de *Automated Guided Vehicles* (AGVs) nos hospitais. Um AGV é um pequeno veículo que não possui condutor, sendo que o seu movimento é programado e posteriormente controlado remotamente (Ventura & Rieksts, 2009). Esta hipótese já foi testada na Dinamarca, de modo a automatizar e melhorar a qualidade dos serviços de recolha de amostras de sangue, no caso em estudo. Os AGVs foram programados para recolher amostras de sangue na enfermaria do hospital e transportá-las até aos laboratórios de análise (Jørgensen *et al.*, 2013). Os sistemas compostos por AGVs já se encontram implementados numa grande

variedade de indústrias como as indústrias aeroespacial, automóvel, química, eletrônica, de plásticos, alimentar e têxtil sendo que conduzem geralmente a uma maior facilidade no planeamento e controlo da produção, a maior segurança e ainda a redução de custos (Ventura *et al.*, 2014). Deste modo, a implementação num futuro próximo deste tipo de veículos numa unidade hospitalar, apesar de inicialmente se apresentar como um elevado investimento, a médio e longo prazo poderá ser economicamente benéfica. O auxílio deste tipo de robôs nos hospitais pode mesmo, de acordo com alguns especialistas, reduzir custos de trabalho, aumentar a eficiência operacional, aumentar a precisão melhorando assim os resultados clínicos e ainda substituir o trabalho humano em situações potencialmente perigosas (Debra & Maleski, n.d.), reduzindo assim riscos para enfermeiros e auxiliares de saúde. Segundo a *Ohio State University Medical Center* os benefícios económicos da introdução deste cenário são muito positivos (DSV, 2016).

Como apresentado na Figura 2.1, uma das áreas da logística hospitalar é a logística das camas hospitalares, a qual irá ser abordada em seguida com mais pormenor.

2.2 - Gestão das camas nos hospitais

A gestão das camas tem uma acentuada importância na gestão de um hospital. O número de camas a ser utilizado em cada momento é variável e de difícil previsão e existem normas rigorosas no que respeita à higiene das camas (Systematic, n.d.). Em certos momentos existe ainda a dificuldade de saber exatamente que camas se encontram disponíveis e que camas terão ainda de passar pelo processo de limpeza e desinfeção, pois tanto camas disponíveis como indisponíveis podem encontrar-se vazias nos corredores. Atualmente o registo de camas em grande parte dos hospitais é manual, o que contribui para a ocorrência de erros e para tornar o processo pouco eficaz (Systematic, n.d.).

Para que a gestão das camas hospitalares seja a mais eficaz possível o hospital deverá implementar tecnologias de rastreamento e um *software* de gestão das camas.

Dentro dos custos logísticos de um hospital associados às camas podem considerar-se três grupos de elevada importância na gestão de um hospital público ou privado: i) o transporte das camas, a limpeza das camas e a tecnologia a utilizar no rastreamento e gestão das camas hospitalares. Quer na construção ou no dia-a-dia de um hospital cada um destes grupos deverá ser gerido tendo em conta diversos fatores como a população que o hospital abrange, o tipo de cuidados de saúde que presta, o *layout* do hospital, entre outros fatores. Além disto, as decisões dos tipos de estratégia a adotar em cada um dos grupos referidos estão ainda dependentes uns dos outros.

2.2.1 Transporte de camas hospitalares

Uma cama hospitalar, como referido anteriormente e apresentado na Figura 1.1, grande parte do tempo encontra-se armazenada quando é solicitada pelo departamento de emergência, sendo em seguida transportada com um paciente para o internamento onde ficará até que o

paciente tenha alta médica. Durante o internamento do paciente a cama poderá dirigir-se a outros departamentos para que o paciente realize determinados exames ou cirurgias. Após a alta médica a cama sofre um processo de limpeza e em seguida terá de voltar ao centro onde se encontra armazenada. Ao longo deste ciclo a cama percorre distâncias que estão dependentes do tamanho e *layout* do hospital tendo, portanto, de ter sido transportada. A tarefa de transporte é importante e especialmente difícil para determinado tipo de pacientes, nomeadamente os pacientes de neurocirurgia críticos com traumatismos cranianos, pois este terá de ser extremamente seguro e rápido (Wang *et al.*, 2015). O transporte das camas poderá ser efetuado por um operador de transporte no hospital, por enfermeiros ou poderá ser automatizado. No transporte manual existe o problema das lesões a quem tem diariamente que efetuar o transporte das camas. Os trabalhadores do setor de saúde têm sido reconhecidos como um grupo profissional de alto risco, com elevadas taxas de incidência de várias lesões musco-esqueléticas relacionadas com trabalho, ou como é definido internacionalmente *work-related musculoskeletal disorders* (WMSDs) (Kim *et al.*, 2008) sendo um dos motivos o transporte manual das camas, segundo (Kim *et al.*, 2008). A maioria das pessoas que trabalha nos internamentos dos hospitais assume que o transporte de pacientes nas camas é uma das tarefas de mais complicadas de executar (Petzäll & Petzäll, 2003). Uma hipótese de diminuição deste problema passa por automatizar o transporte de camas. No entanto a automatização apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar só poderia ser efetuada quando a cama estivesse sem qualquer paciente, por questões de segurança. O facto de uma cama ser transportada automaticamente, ainda que o transporte fosse fiável implicaria sempre riscos para a pessoa. Este facto apresenta-se como uma desvantagem para a implementação da automatização do transporte porque significaria que continuariam a existir custos com recursos humanos para o transporte das camas, sempre que estas contivessem um paciente. Outra questão prende-se com o modo como seria efetuado o transporte automático. Em seguida são apresentados alguns tipos de soluções para a automatização do transporte de camas hospitalares, i) *Flexbed*; ii) Implementação de AGVs e iii) Transporte Manual Auxiliado.

i) ***Flexbed***

Uma cama de hospital móvel inteligente com capacidade de navegação autónoma poderá ser uma das possíveis soluções (Wang *et al.*, 2015). Estes investigadores criaram e testaram uma cama deste tipo, a qual denominaram *Flexbed* e está apresentada na Figura 2.2. A *Flexbed* é uma cama com um motor elétrico, e pode ser movida por humanos ou autonomamente, através de programação. Esta cama apresenta ainda sensores que impedem que a mesma embata noutros corpos. O desempenho, rapidez e segurança desta cama inteligente foram confirmados através de simulação computacional e experiências em cenários reais (Wang *et al.*, 2015), sendo assim uma possibilidade a implementar em hospitais.

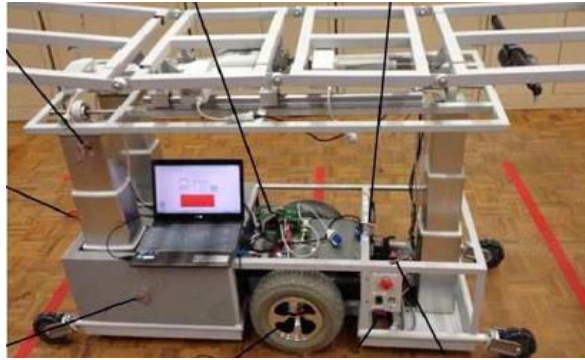


Figura 2.2 - Componentes-chave da Flexbed.

Fonte: Wang *et al.* (2015)

ii) Implementação de AGVs

Outra proposta para tornar o transporte das camas hospitalares mais eficiente passa pela possibilidade de implementação de AGVs no transporte das camas. Os AGVs são veículos automáticos que são bastante utilizados na indústria para transporte de materiais. A *Swisslog*, empresa Suíça de produtos e soluções para a logística de empresas, tem uma grande variedade de produtos dedicada a unidades de saúde, como hospitais (Debra & Maleski, n.d.). Alguns dos seus produtos são AGVs que já foram utilizados em hospitais como o *TransCar®* (Figura 2.3) e são uma hipótese para o transporte de camas de hospital. O AGV é um robô que se pode conectar à cama de diversas formas, permitindo o seu transporte ao longo do hospital. Assumindo que um hospital adotaria esta hipótese poderia reduzir o número de trabalhadores e tornar o transporte das camas hospitalares mais eficiente. Contudo, a implementação de AGVs no transporte de camas hospitalares apresenta algumas desvantagens. O investimento inicial na compra dos veículos e a sua manutenção são elevados e as camas teria de estar adaptadas para serem transportadas por AGVs. Além disto o elevado movimento de pessoas e equipamentos existente nos corredores dos hospitais também dificultam a implementação desta hipótese uma vez que a programação dos AGVs seria extremamente complicada nestes locais.



Figura 2.3 - *TransCar®*, AGV da *Swisslog*.

Fonte: Swisslog (2016)

iii) Transporte manual auxiliado

Uma alternativa ao transporte automatizado ou manual é o transporte manual auxiliado por um veículo elétrico. Esta hipótese foi estudada numa clínica na Austrália que tinha como objetivo determinar modos de redução de lesões nos trabalhadores dos hospitais causados pelo transporte de camas. Neste estudo foram testados dois veículos diferentes que podem ser observados na Figura 2.4 os quais são comandados pelo operador encarregue de transportar as camas, o que permitirá a existência de um menor número de lesões (Daniell *et al.*, 2013). No entanto esta hipótese apresenta a desvantagem de as camas terem de ser compatíveis com estes veículos, o que não acontecerá num hospital já existente e de ser necessário um operador para o transporte.



Figura 2.4 - Veículos de auxílio ao transporte de camas de hospital.

Fonte: Daniell *et al.* (2013)

2.2.2 Limpeza de camas hospitalares

A limpeza de camas é um processo fundamental numa unidade hospitalar. Uma vez que as camas estão em contacto com pessoas que poderão conter infeções, vírus, bactérias ou qualquer outra espécie de agentes infecciosos, a falta de qualidade na limpeza das camas pode levar à propagação de doenças a novos pacientes, conhecidas como *healthcare associated infections* (HAI), o que é algo que se pretende evitar. Além disso os microrganismos que provocam as HAIs por vezes têm a capacidade de sobreviver em ambientes hospitalares durante várias semanas, como resultado da sua resistência a diversos antibióticos que pode aumentar (Dancer, 2011). Deste modo, a limpeza e desinfeção das camas hospitalares requer alguns custos e deverá ser um processo a ter em conta na gestão de um hospital.

Uma das primeiras decisões a tomar é qual deve ser a política de limpeza a adotar: descentralizada ou centralizada. Cada política tem as suas características, sendo que não existe uma escolha acertada para todos os hospitais. Dependente do número de pacientes, do tipo de mão-de-obra, das verbas de investimento disponíveis, entre outros fatores, poderá ser aconselhada uma ou outra política. Um estudo de análise de custos na Alemanha concluiu que

numa perspetiva de custo, a utilização de uma limpeza de camas hospitalares descentralizada é a escolha mais rentável (Winkelmann *et al.*, 2008). Por outro lado, uma limpeza de camas centralizada leva a um menor número de lesões para os trabalhadores responsáveis por esta limpeza (Hanaeus & Tolic, 2015). Em seguida apresentam-se algumas características sobre as políticas descentralizada e centralizada assim como considerações de alguns autores sobre as mesmas.

Uma política descentralizada de limpeza significa que não existe uma sala ou um centro de limpeza das camas, sendo que estas sofrem o processo de limpeza na própria sala onde o paciente foi internado. Esta opção apresenta vantagens e desvantagens, sendo que a decisão deverá ser tomada na altura de planeamento da construção do hospital. Em termos de desvantagens existe menos espaço e menos flexibilidade na limpeza, decorrente do facto de não ser numa sala dedicada exclusivamente à limpeza, o que implica maiores dificuldades em garantir a qualidade da limpeza e impossibilita a automatização deste processo. Além disso pelo facto de a cama ser mais estática e de não existir possibilidade de automatização significa que os operadores terão de efetuar um maior esforço físico durante a limpeza o que pode levar a problemas ergonómicos. Como vantagens desta política pode referir-se que não há a necessidade de existir um local próprio à lavagem das camas, o que conduz a um menor número de camas necessárias, por estas não estarem armazenadas noutro local e ainda à eliminação total do transporte de camas, dado que estas permanecem sempre nos internamentos. Esta política levaria a uma gestão da logística das camas hospitalares completamente diferente de uma política centralizada. No entanto, atualmente a política descentralizada é utilizada principalmente nos hospitais dos Estados Unidos da América, sendo que quase na totalidade dos hospitais Europeus utiliza a política centralizada de limpeza de camas.

No caso de o hospital adotar uma política centralizada de limpeza de camas existe uma sala exclusivamente dedicada à limpeza e desinfeção das camas de hospital e a qual normalmente se situa no piso inferior do mesmo. Esta limpeza poderá ser manual ou automatizada (Winkelmann *et al.*, 2008). Quer para o caso da limpeza ser manual como para o caso de ser automatizada o espaço da sala de limpeza deverá ter um tamanho suficientemente grande para que o armazenamento de camas, lençóis e outros materiais seja adequado (Winkelmann *et al.*, 2008). Especificamente para uma limpeza automatizada, o espaço livre acima de equipamentos de desinfeção não deve ser reduzido por meio da instalação de condutas de ventilação, tubos ou ligações de cabos porque o acesso sem entraves a componentes operacionais deve ser assegurado.

Um procedimento de limpeza de camas hospitalares manual é normalmente realizado por um enfermeiro ou um auxiliar de enfermagem num estabelecimento de saúde onde o uso de panos, água e detergentes são combinados (Hanaeus & Tolic, 2015). Esta limpeza manual exige a quem a pratica nos hospitais atividades de levantar, baixar e mover objetos. Embora numa limpeza centralizada os problemas ergonómicos não sejam tão graves quanto numa limpeza descentralizada, estas atividades efetuadas repetidamente ao longo dos anos poderão também levar a lesões (Retsas & Pinikahana, 2000). Lesões nos ombros e costas são muito comuns em

profissionais que trabalham em hospitais, como enfermeiros e assistentes (Owen *et al.*, 2002). Foram implementadas várias tentativas em termos de programas de prevenção para enfermeiros e auxiliares para redução deste género de lesões (Owen *et al.*, 2002), contudo estes programas ainda não tiveram muito impacto, sendo que se devem alterar este tipo de programas de modo que sejam mais eficazes ou experimentar alternativas de limpeza de camas, como a limpeza automatizada, que já existe em alguns hospitais.

A limpeza automatizada geralmente envolve a utilização de um sistema de desinfeção automático que com recurso a detergentes descontamina as camas hospitalares. Relativamente à limpeza automática centralizada de colchões, cobertores e almofadas esta pode ser realizada utilizando equipamento de desinfeção a vapor. A desinfeção deverá utilizar um processo *vacuum-steam-vacuum* (VSV), em conformidade com a norma DIN 58949 (Winkelmann *et al.*, 2008), sendo que os materiais devem tolerar temperaturas até 105 ° C para o processo de VSV, de modo a que não fiquem danificados. As camas hospitalares elétricas necessitam de certas características para que seja possível a limpeza e desinfeção automática. Todos os equipamentos e componentes elétricos requerem encapsulamentos sólidos que resistam à entrada de água e poeiras (Hanaeus & Tolic, 2015). Estes encapsulamentos são classificados de acordo com a escala *ingress protection* (IP), em que é atribuída uma classificação de 1 a 6 para proteção de poeiras e de 1 a 7 para fluídos, sendo que quanto maior o número da escala maior será a proteção. A proteção mínima para estes equipamentos mecânicos são encapsulamentos classificados com um IP66, ou seja uma proteção bastante elevada quer para a proteção de poeiras (6), o valor máximo, quer para os fluídos (6), o segundo maior valor de proteção. Estes encapsulamentos têm um custo significativo.

Como a maior parte das decisões tomadas na área da gestão, onde as várias decisões que podem ser tomadas apresentam vantagens e desvantagens, na gestão das camas de hospitais é importante enumerar algumas dessas vantagens e desvantagens para que na altura de construção ou de reestruturação de um hospital se possa optar por um tipo de limpeza, manual ou automatizada. Na limpeza manual existe o risco de lesões físicas para os trabalhadores, no entanto a limpeza é mais flexível, não sendo necessário que o espaço e as camas tenham determinadas características exigidas na limpeza mecânica. Na limpeza mecânica o investimento e a manutenção em equipamentos são mais elevados, o que se apresenta como desvantagens, embora seja necessário um menor número de pessoas a trabalhar no hospital, o que reduz o custo de mão-de-obra e apresenta menos problemas relativos à falta de motivação e de saúde dos trabalhadores. Contudo, se existe um critério mais importante este é o critério relacionado com a qualidade da limpeza e desinfeção. Uma pior limpeza conduz necessariamente a um aumento de HAIs, o que representa uma grave desvantagem. De modo a comparar a limpeza manual com a limpeza automatizada foi efetuado um estudo na Holanda, em 2015 sob condições de rotina, ou seja, foram rigorosamente especificados os procedimentos de limpeza para ambas as técnicas de limpeza. Neste mesmo estudo para que se obtivessem os resultados as camas e colchões passaram por análises microbiológicas também estas rigorosas, onde os níveis de contaminação bacteriana foram

avaliados antes e depois das respetivas limpezas, de modo a fazer uma comparação. Os resultados demonstraram consistentemente níveis mais baixos de contaminação na limpeza automatizada em relação à limpeza manual, uma vez que a quantidade de bactérias e potenciais transmissões foram significativamente reduzidos na limpeza automatizada (Hopman *et al.*, 2015). Para além disso os resultados da limpeza automatizada apresentaram muito menos flutuações em relação aos da limpeza manual.

2.2.3 Tecnologias de rastreamento de camas

Para além do transporte e da limpeza das camas, outro fator muito relevante na gestão das camas hospitalares está relacionado com a implementação de tecnologias que auxiliem o rastreamento de bens e equipamentos nos hospitais, nomeadamente as camas. As instituições de saúde podem mesmo reduzir os seus custos operacionais através da introdução de transformações tecnológicas (Christensen & Remler, 2009) sendo que esta redução nos custos poderá ser de cerca de 8%. Para além de reduzir os custos a adoção destas tecnologias inovadoras leva ao aumento da qualidade do serviço prestado pelas instituições (Romero & Lefebvre, 2015). Existe um reduzido número de publicações sobre este tema (Romero & Lefebvre, 2015), entre a literatura existente é possível verificar vantagens da implementação de tecnologias em hospitais.

Como tecnologias possíveis de utilizar destacam-se a tecnologia que utiliza códigos de barras, já bastante utilizada nos sistemas de saúde e a tecnologia de identificação de objetos através da frequência de ondas rádio, *Radio-Frequency Identification* (RFID), menos utilizada nos sistemas de saúde mas bastante utilizada em várias indústrias. Existe ainda a possibilidade, de uma solução híbrida, utilizando simultaneamente códigos de barras e RFID combinadas num único sistema de rastreamento de equipamentos e bens nos hospitais, solução esta que pode ter vantagens relativamente a utilizar apenas uma tecnologia (Michael & Mccathie, 2005).

A utilização de códigos de barras, e caso o paciente siga as recomendações dos profissionais de saúde, é uma medida comprovada e de custo relativamente reduzido que previne erros de administração de medicamentos (Degaspari, 2011). Os pacientes, profissionais de saúde e todo o equipamento hospitalar podem ser eletronicamente identificados usando uma etiqueta com um código de barras. Esta tecnologia melhora a produtividade, fiabilidade e segurança no setor da saúde além de que facilita a gestão de *stocks* dos medicamentos no hospital. Apesar destas vantagens, a tecnologia de códigos de barras apresenta algumas desvantagens importantes como o facto de cada item ter de ser identificado cada vez que há uma alteração, leitura manual, não ter a capacidade de ler nem escrever, não ter capacidade de armazenamento de muita informação e nenhuma capacidade de processamento de dados (Romero & Lefebvre, 2015).

RFID é uma tecnologia de identificação e captura automática de dados, que é composta por três elementos: uma etiqueta formada por um chip que se encontra conectado a uma antena; um leitor que emite sinais de rádio e recebe respostas de retorno a partir das etiquetas; um

middleware (tecnologia que faz a ligação entre fornecedores de dados e uma aplicação final) ("Linux," n.d.) que faz a conexão entre o *hardware* RFID e as aplicações da empresa (A. S. ã & Absi, 2010) ou, neste contexto do hospital. RFID utiliza, portanto, ondas rádio para identificar objetos automaticamente sendo que nos últimos anos tem atraído a atenção das indústrias farmacêutica e de saúde uma vez que este suporte de dados pode superar os inconvenientes que afetam os códigos de barras (Romero & Lefebvre, 2015). A tecnologia RFID tem o potencial para rastrear camas de forma eficiente. As etiquetas RFID podem ser inseridas nos produtos que se pretendem controlar, e serve como uma ferramenta para monitorizar a localização da cama, cadeira de rodas ou outro equipamento. Deste modo, informações sobre os equipamentos estão disponíveis em tempo real e podem ser obtidas a partir do sistema. Assim, a localização, estado e disponibilidade de camas será baseada na informação que está no sistema, o que irá melhorar o serviço do hospital (Pai *et al.*, 2008). Outra das vantagens da tecnologia de RFID é que esta permite a recolha de dados, tais como os tempos de resposta, que podem ser aplicados a várias métricas que poderão contribuir para que a gestão do hospital efetue melhorias nos serviços do hospital (Degaspari, 2011). Uma vez que a tecnologia RFID tem sido cada vez mais utilizada em várias indústrias o seu potencial deverá ser cada vez mais reconhecido e utilizado no setor da saúde, tanto em hospitais como farmácias (Hanaeus & Tolic, 2015). Relacionado com o setor farmacêutico o RFID apresenta uma vantagem relativamente ao código de barras pois poderá contribuir para melhorar a eficácia da deteção de medicamentos falsificados (Kelesidis & Falagas, 2015). Na Figura 2.5 apresenta-se um esquema de uma etiqueta de RFID, com os seus componentes, a antena e o *microship*.

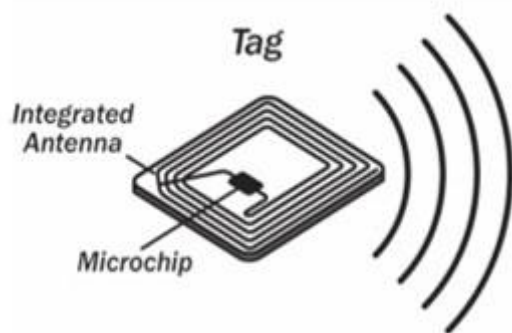


Figura 2.5 - Esquema de uma etiqueta de RFID.

Fonte: BarcodesInc (2016)

O principal obstáculo à implementação de RFID é o seu custo inicial. O custo das etiquetas RFID individuais, o custo dos leitores de etiquetas, e o custo da criação de um sistema singular e unificado que é facilmente adotado por todos os intervenientes são as razões pelas quais a tecnologia RFID não é atualmente utilizada em toda a sua extensão nos hospitais (Kumar *et al.*, 2009). Vários autores são da opinião de que os códigos de barras não serão totalmente substituídos por etiquetas RFID num futuro próximo, e alguns estão a desenvolver soluções de rastreamento utilizando ambas as tecnologias, denominando uma solução híbrida (Michael &

Mccathie, 2005). Como exemplo, para dois professores de Universidades no Canadá que realizaram um estudo para estas tecnologias de rastreamento aplicadas a medicamentos, a configuração híbrida é a que deve ser adotada para a gestão destes produtos. A solução híbrida que neste caso combina a tecnologia de RFID, para rastrear paletes, com códigos de barras para identificar embalagens primárias, parece ser a solução mais promissora: ela tem o potencial de melhorar a eficiência e precisão de uma farmácia, reduzir os custos de *stock*, melhorar a rapidez de ordens de compra, diminuir o tempo de ciclo de fornecimento, reduzir o trabalho manual, reforçar a segurança do paciente e apoiar a gestão de resíduos (Romero & Lefebvre, 2015). Para a questão do hospital uma solução híbrida também poderia ser adotada uma vez que muitos hospitais não terão capacidade financeira suficiente para aplicar a tecnologia RFID a todos os processos.

2.2.4 O transporte, a limpeza e o rastreamento das camas hospitalares em resumo

Em seguida, é apresenta-se a Tabela 2.1 que resume os diferentes cenários que foram referidos sobre os processos de transporte, limpeza e rastreamento de camas hospitalares, assim como tecnologias que podem ser associadas a esses processos. Por fim, na última coluna é apresentada alguma literatura e estudos efetuados sobre cada um dos processos e que poderá ser consultada para se obter mais informações.

Tabela 2.1 - Cenários e tecnologias associadas ao transporte, limpeza e rastreamento de camas hospitalares

<i>Processo</i>	<i>Cenários</i>	<i>Tecnologia</i>	<i>Literatura</i>
Transporte de camas	Manual	Operador	Maleski (2014)
	Automatizado	<i>Flexbed</i> AGV	Bloss (2012) Andrea (2012)
	Parcialmente automatizado	Auxílio de veículos elétricos	Wang <i>et al.</i> (2015)
Limpeza de camas	Manual Centralizada	Alta pressão	Dancer (2004)
	Automatizada Centralizada	Calor	Al-hamad & Maxwell (2008)
	Manual Descentralizada	Detergentes	Dancer (2011)
Rastreamento de camas	Código de Barras	Radiação ultravioleta	Haas <i>et al.</i> (2014)
	RFID		Hopman <i>et al.</i> (2015)
	Código de barras + RFID		Togt <i>et al.</i> (2010) Wamba <i>et al.</i> (2013)

2.3 - Informações e dados importantes na gestão de um hospital

Como em todas as indústrias e serviços, mais informação existir sobre os processos logísticos e de fabrico pode permitir uma melhor tomada de decisão relativamente à gestão das empresas. Para o caso da gestão de um hospital a lógica é a mesma. Quanto mais informação, mais rápida a tomada de decisão, podendo desde modo proporcionar menores tempos de espera aos pacientes, o que por vezes é fundamental para a saúde dos mesmos, e ainda reduzir custos do hospital. Sendo o foco deste trabalho a gestão das camas hospitalares, é importante referir alguns dados que são importantes conhecer para auxiliar essa mesma gestão. Tendo em conta a Figura 1.1 anteriormente apresentada, onde simplificadamente é apresentado o ciclo de vida de uma cama no hospital, são apresentadas na Tabela 2.2 informações importantes de conhecer, já referida anteriormente, para cada etapa desse mesmo ciclo.

Tabela 2.2 - Informações e tecnologias em cada etapa

<i>Etapa</i>	<i>Informação</i>
<i>Observação/ Triagem</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identidade do paciente • Localização do paciente • Requisitos especiais do paciente
<i>Transporte de cama com paciente</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Localização da cama • Destino da cama
<i>Internamento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estado da cama (ocupada/vazia) • Necessidades do paciente: <ul style="list-style-type: none"> - Requisitos especiais - Exames a realizar
	<ul style="list-style-type: none"> • Medicamentos
<i>Alta médica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identidade do paciente • Localização da cama • Estado da cama (ocupada/vazia)
<i>Transporte da cama sem paciente</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Localização da cama • Destino da cama
<i>Limpeza da Cama</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estado da cama (ocupada/vazia) • Localização da cama
<i>Armazém de camas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estado da cama (limpa/suja)

Para além destas informações também existem outras informações importantes associadas às camas de hospital. Embora não estejam associadas a nenhuma etapa específica, são dados que também poderão ser obtidos em tempo real com recurso à tecnologia de RFID.

Tabela 2.3 - Outras informações relevantes

	Informação	Tecnologia
Informações importantes	<ul style="list-style-type: none"> • Número total de camas ocupadas; • Número total de camas limpas; • Número total de camas sujas; • Localização de todas as camas em qualquer momento. 	RFID

2.4 - A simulação e as suas aplicações na gestão da saúde

Neste trabalho, com o intuito de exemplificar o modo como alguns parâmetros podem ser calculados e posteriormente utilizados por quem efetua a gestão de um hospital a fim de melhorar a sua eficiência, irá ser utilizada a técnica de simulação. Neste ponto do trabalho irá proceder-se à fundamentação teórica e revisão da literatura sobre simulação.

Existem essencialmente duas questões importantes de esclarecer: em primeiro lugar, “em que consiste a simulação?”; em segundo lugar, “porque se deverá utilizar a simulação na gestão de hospitais?”.

2.4.1 A técnica de simulação

A simulação pode ser definida como uma reprodução das várias etapas de um processo do mundo real ou de um sistema ao longo do tempo (Andersen & Broberg, 2015). A simulação é uma das ferramentas mais utilizadas em Investigação Operacional, sendo utilizada para identificar potenciais melhorias através da investigação de diferentes alternativas (Kaushal *et al.*, 2015). Normalmente, recorre-se à simulação quando se pretende uma ou mais de três situações: medir o desempenho de um sistema; melhorar o desempenho de um sistema; projetar um novo sistema inexistente (Barroso, 2014). Esta ferramenta permite aos analistas que a utilizam estudar como um sistema real reage a determinadas condições que não são facilmente aplicadas no mundo real e permite ainda estudar o modo como pequenas alterações a um sistema podem alterar o seu comportamento. A simulação é uma ferramenta que se destaca em relação a outras quando o sistema em estudo é bastante complexo (Shim & Kumar, 2013). Apesar de a simulação não ser uma técnica de otimização (Zeinali *et al.*, 2015), é uma técnica de gestão bastante reconhecida para investigar o comportamento de sistemas complexos sujeitos a efeitos aleatórios (Bagust *et al.*, 1999). Para tentativas de otimização em sistemas de saúde, recentemente têm sido utilizados métodos iterativos com recurso a combinações entre simulação e técnicas heurísticas. (Zeinali *et al.*, 2015). Embora se possa simular recorrendo ao sistema real, habitualmente a simulação é efetuada através do desenvolvimento de modelos de simulação.

Um modelo de simulação é uma simplificação do sistema real, embora possa ser mais

flexível e adaptado para lidar com padrões complexos. Esta flexibilidade significa que muitas vezes no desenvolvimento de um modelo se fazem simplificações e pressupostos sobre o sistema real. As medidas de desempenho que normalmente são calculadas através da modelação são as medidas de desempenho normalmente utilizadas na teoria das filas de espera, como por exemplo o tempo de espera dos clientes, tempo de ociosidade, entre outros (Bhattacharjee & Ray, 2015). No desenvolvimento de um sistema, apesar das simplificações e pressupostos assumidos deve ser assegurado que o modelo representa o sistema real. Um modelo de simulação tem de apresentar um conjunto de entidades, que podem ser permanentes ou transitórias, que através de uma programação interagem entre si (Barroso, 2014). O objetivo será, considerando os recursos disponíveis e as restrições existentes, obter resultados sobre o desempenho do sistema existente, de modo a melhorá-lo ou inexistente, de modo a projetá-lo. Os modelos de simulação podem ser classificados, consoante as suas características (Figura 2.6).

A distinção entre um modelo determinístico e um modelo estocástico tem a ver com o facto de o sistema ter componentes probabilísticas (estocástico) ou não (determinístico). Um modelo estático significa que a variável tempo não é significativa, ao contrário de um modelo dinâmico. Um modelo contínuo por sua vez significa que o sistema é alterado de modo contínuo ao longo do tempo ao passo que num modelo discreto o sistema é alterado em pontos discretos no tempo (Barroso, 2014). Os modelos mais frequentemente utilizados para a simulação são os modelos estocásticos, dinâmicos e discretos, conhecidos como *Discrete event simulation* (DES) (Alrabghi & Tiwari, 2016).

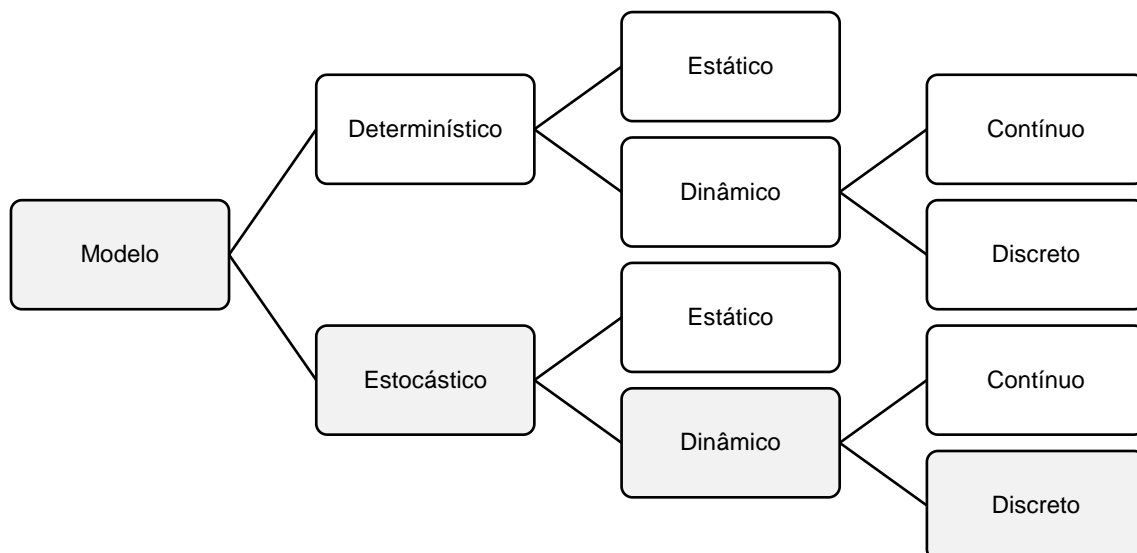


Figura 2.6 – Diagrama da taxonomia dos modelos de simulação;

Adaptado de: Barroso (2014)

Os modelos de simulação são habitualmente representados por diagramas. Estes diagramas podem ser fluxogramas ou diagramas conhecidos como diagramas de ciclo de atividades.

2.4.2 Vantagens da aplicação da simulação na gestão hospitalar

Anteriormente, neste trabalho foi colocada a questão “porque se deverá utilizar a simulação na gestão de hospitais?”. Sendo a simulação uma técnica segura que reproduz situações de sistemas reais, sem interferir com o seu funcionamento, é adequada para ser utilizada nos hospitais. Caso fosse utilizada uma técnica que provocasse alterações no sistema real, o hospital poderia perder qualidade nos seus serviços o que se traduziria em riscos para os pacientes. A simulação está cada vez mais ligada a melhorias na área da saúde, melhorando o desempenho de sistemas de saúde e posteriormente melhorias nos resultados dos pacientes (Davies & Davies, 2015). A fim de reduzir o impacto de acidentes, nos departamentos de emergência, melhorar o seu desempenho em termos de eficiência dos recursos, deverão ser criados vários cenários e testados pelos modelos de simulação construídos (Gul & Guneri, 2015). No entanto, as aplicações de modelos de simulação na literatura não estão restritas a departamentos de emergências nos hospitais. Os modelos de simulação também são utilizados, segundo a literatura para outras questões e departamentos nos hospitais, incluindo o planeamento de camas (Babulak & Wang, 2010). Existem três razões principais para a popularidade da simulação no setor da saúde entre os investigadores: a incerteza e a variabilidade dos sistemas de saúde obrigam ao uso de abordagens estocásticas; a dificuldade de modelar a complexidade das organizações de saúde com métodos analíticos; o papel fundamental dos fatores humanos que pode ser facilmente implementado usando um modelo de simulação (Mielczarek, 2013). A vantagem da abordagem de simulação decorre da sua flexibilidade, bem como a sua capacidade para lidar com a variabilidade, incerteza e complexidade dos sistemas dinâmicos. A simulação é particularmente útil quando o problema exhibe incertezas significativas, que dão origem a sistemas estocásticos. Esta técnica é ainda uma ferramenta eficaz para a realização de análises “*what if*”, como por exemplo: “qual a previsão do volume de serviços de saúde associado a alterações demográficas?” (Mielczarek, 2013). Os modelos de simulação têm a vantagem de ter a capacidade de incorporar facilmente a variável tempo (modelos dinâmicos), podendo ser utilizados para estabelecer uma relação entre a capacidade de camas de um hospital e o departamento de emergência (Devapriya *et al.*, 2015). A simulação fornece assim aos gestores de hospitais uma ferramenta para avaliar métodos para a melhoria do desempenho do sistema (Kaushal *et al.*, 2015). Diferentes estudos concluem que a simulação pode realmente ser uma ferramenta muito útil na abordagem a sistemas de saúde. Reduções de custos inesperados a partir de modelos de simulação relacionados com a capacidade de camas hospitalares que não se verificaram com outras técnicas (Devapriya *et al.*, 2015) ou benefícios na distribuição de medicamentos em hospitais (Shim & Kumar, 2013) entre outros casos de sucesso comprovam a utilidade da simulação.

Após serem referidas as muitas vantagens da utilização da simulação, devem-se referir também algumas desvantagens ou inconvenientes. Já foi referido que a simulação não chega a uma solução ótima, o que é um inconveniente, faltando referir outra importante desvantagem. Muitas vezes por as variáveis serem estocásticas os resultados não são exatos (Barroso, 2014). As medidas de desempenho obtidas poderão ser apenas estimativas com um erro associado. Para se diminuir este erro, dever-se-á efetuar a simulação durante mais tempo, e efetuar um maior número de replicações para reduzir a variância das medidas de desempenho.

2.4.3 Simulação no *software* Arena

A simulação é uma técnica que pode ser efetuada manualmente. No entanto, para que possam ser modelados sistemas complexos e para que possam ser efetuadas mais replicações deve-se usar a simulação computacional. No computador, através de *softwares* específicos de simulação, podem ser modelados sistemas bastante complexos com melhores resultados quando comparado com a simulação manual. É esta simulação computacional que as empresas deverão utilizar para melhorar a sua qualidade e reduzirem os custos.



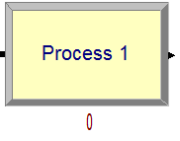
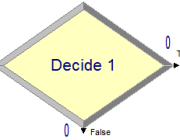
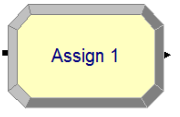
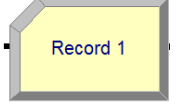
Para este trabalho foi também realizada simulação computacional. Neste caso, o *software* de simulação escolhido foi o Arena. O Arena foi desenvolvido em 1992 e é um simulador de alto nível, o que significa que funciona por interfaces intuitivas gráficas, menus e diálogos. Permite simulações dinâmicas, contínuas e discretas. A modelação é construída através da escolha de processos de simulação disponíveis, podem ser efetuadas conexões entre eles, e o modelo é executado. Todos os processos podem ser combinados possibilitando assim a criação de uma grande variedade de modelos de simulação. Uma animação gráfica e dinâmica de componentes do sistema pode ainda ser apresentada (Elam *et al.*, 2011).

Devido às suas potencialidades, o Arena tem sido utilizado em muitas aplicações para melhorias de processos, incluindo fabricação, embalagem, cadeia de abastecimento, unidades de saúde, assuntos militares e reengenharia de processos (Elam *et al.*, 2011).

Na Tabela 2.4 serão apresentados alguns dos módulos dos processos básicos do Arena, que são os que são utilizados no Capítulo 4 para a modelação do sistema do caso de estudo. De seguida, de modo a exemplificar a utilização de alguns módulos no Arena, é apresentado um exemplo e a respetiva modelação no Arena.

Exemplo 1: Considerando a situação de um médico que dá consultas a pacientes. O médico realiza uma consulta de cada vez. Deste modo, quando um novo paciente chega ao sistema, caso o médico esteja a efetuar uma consulta terá de esperar. Quando o médico acaba a consulta, o paciente que foi atendido procederá à saída do sistema.

Tabela 2.4 - Módulos dos processos básicos do Arena e as suas principais funções;
Adaptado de: Barroso (2014)

Módulo	Função
	Este módulo tem como função a criação de entidades para o sistema. Estas chegadas podem ser programadas, podem seguir uma distribuição estatística ou serem constantes.
	Serve para determinar a saída da entidade do sistema.
	Este módulo pode ter uma função <i>Seize</i> , <i>Delay</i> , <i>Release</i> ou uma combinação destas funções. A função <i>Seize</i> serve para a entidade ocupar determinado recurso, a função <i>Delay</i> para a ocorrência de uma duração de uma tarefa e <i>Release</i> para libertar o recurso.
	O módulo <i>Decide</i> impõe uma condição às entidades. Pode ter duas ou mais saídas e as entidades que por aqui passam consoante uma condição (pode ser uma probabilidade, um atributo, um tipo de entidade) seguirá por um caminho diferente.
	Serve para efetuar uma atribuição à entidade. Poderá ser um atributo, uma variável, uma animação entre outras atribuições possíveis.
	O módulo <i>Record</i> faz registos sobre as entidades que por aqui passam. Estes registos podem ser baseados em atributos ou variáveis e são apresentados nas folhas de resultados.

De seguida, de modo a exemplificar a utilização de alguns módulos no Arena, é apresentado um exemplo e a respetiva modelação no Arena.

Exemplo 1: Considerando a situação de um médico que dá consultas a pacientes. O médico realiza uma consulta de cada vez. Deste modo, quando um novo paciente chega ao sistema, caso o médico esteja a efetuar uma consulta terá de esperar. Quando o médico acaba a consulta, o paciente que foi atendido procederá à saída do sistema.

A Figura 2.7 representa a modelação do sistema do exemplo em Arena. O primeiro módulo é um módulo *Create*, cria uma entidade que chega ao sistema. O módulo seguinte é o *Process Seize-Delay-Release*, que modela a consulta e por fim um módulo *Dispose*, para a saída da entidade do sistema. No módulo central “Consulta Medica” é possível definir a capacidade do

recurso, que neste caso é um, por se tratar de apenas um médico. Ou seja, sempre que chega ao sistema um paciente e o médico se encontra a dar uma consulta, o paciente que chegou fica em espera. Na Figura 2.7 a possibilidade de ocorrer fila de espera é representada pela linha que se encontra em cima do módulo central.

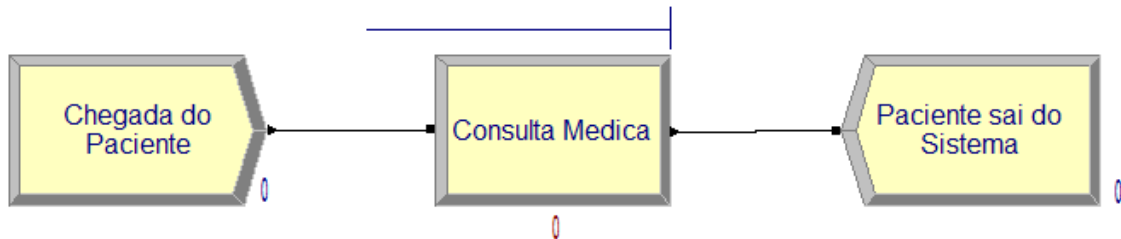


Figura 2.7 - Modelação do exemplo no Arena

O Arena permite ainda obter simulações para longos períodos de tempo. O comprimento de replicação do sistema pode ser definido como finito ou infinito. No entanto, um tempo de simulação muito elevado numa modelação de um sistema complexo pode demorar muito tempo num computador que não tenha um processador muito potente. Além disto, podem ser efetuadas várias replicações para o mesmo sistema, o que auxilia a credibilizar os resultados. Em cada replicação os valores obtidos nas várias distribuições estatísticas modeladas são diferentes o que conduz a diferentes resultados. Com base na média das medidas de desempenho obtidas nas várias replicações os resultados podem ser mais fiáveis para aplicar medidas de melhoria do sistema. Outra opção importante que o Arena permite é a utilização de um tempo de *warm-up*, que significa que durante esse tempo as estatísticas não serão contabilizadas. Ao não serem contabilizadas as condições iniciais são eliminadas, as medidas de desempenho referem-se apenas ao período que o sistema se encontra estável.

Capítulo 3 - Caso de Estudo: O hospital de Herlev

Este capítulo tem como propósito apresentar o caso de estudo deste trabalho. O capítulo é dividido em duas partes: inicialmente uma introdução e o enquadramento do hospital de Herlev; uma segunda parte relativa à apresentação dos dados fornecidos pelo Professor Peter Jacobsen da DTU, e retirados da página da internet do hospital de Herlev.

3.1 - O hospital de Herlev

O hospital que é utilizado no caso de estudo situa-se em Herlev, região da área metropolitana de Copenhaga, a aproximadamente 10Km do centro desta mesma cidade, capital da Dinamarca.

A Dinamarca é um país com bons índices de desenvolvimento, situado no norte da Europa e pertencente à União Europeia. Em 2014 tinha uma população de aproximadamente 5,6 milhões de pessoas com uma idade média de 41,5 anos (Pordata, 2016b). Apresenta uma população algo envelhecida, como é comum nos países mais desenvolvidos, com uma pirâmide etária mais do tipo regressiva do que estacionária, Figura 3.1 (DenmarkStatistics, 2016). A esperança média de vida à nascença é de 80,7 anos (Pordata, 2016a).

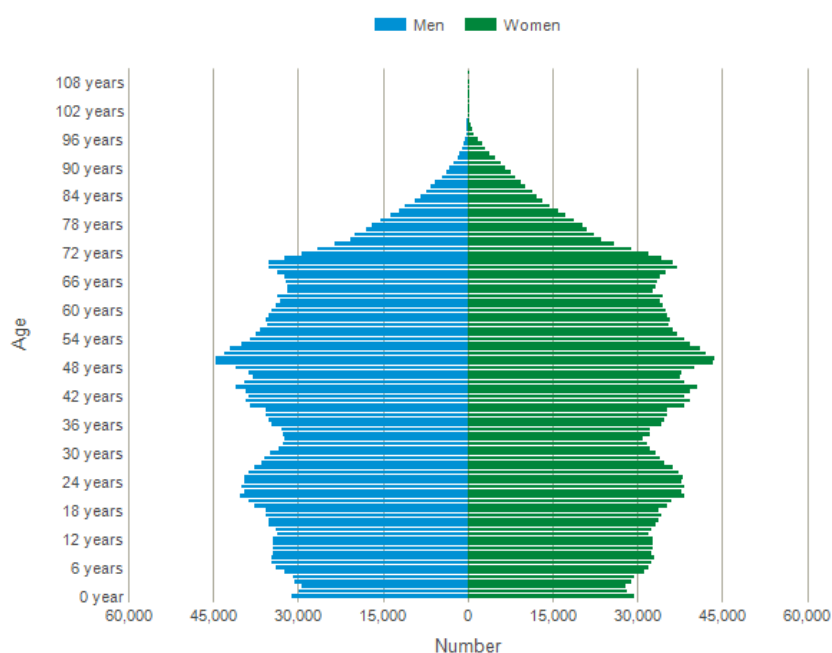


Figura 3.1 - Pirâmide etária da Dinamarca

Fonte: DenmarkStatistics (2016)

A elevada esperança média de vida à nascença sugere que o serviço de saúde na Dinamarca é bastante competente, mesmo assim a importância dos hospitais é elevada pelo

facto de existirem muitas pessoas com idade avançada que necessitam de cuidados especiais de saúde.

No entanto, observando o número de camas por 100 mil habitantes verifica-se que o valor é menor quando comparado com os valores, por exemplo, de Portugal e da União Europeia como se verifica na Tabela 3.1. Esta situação reforça a importância de uma boa gestão de camas nos hospitais.

Tabela 3.1 - Nº de camas por 100 000 habitantes
Fonte: Pordata (2016)

País / Organização	Dinamarca	Portugal	União Europeia
Nº de camas de hospital por 100 000 habitantes	268,9	331,9	521,3

Em Copenhaga, a cidade de onde é a maioria dos pacientes do hospital de Herlev, as características demográficas são semelhantes às da Dinamarca como país. A população da cidade urbana é de aproximadamente 1,25 milhões de pessoas (*NordicStatistics*, 2016) sendo a população da área metropolitana à volta de 2 milhões. Até 2025 a previsão é que este valor aumente em cerca de 20% (*CopenhagenInternational*, 2016). Deste modo, Copenhaga possui mais de uma dezena de hospitais, entre os quais o de Herlev. Este hospital possui inúmeros departamentos que prestam uma grande variedade de cuidados de saúde, como emergências, maternidade, pediatria, oncologia, cirurgia entre muitos outros.

O hospital de Herlev, apresentado na Figura 3.2, é um dos maiores e é constituído por três edifícios principais. Um deles é o edifício dos internamentos onde, em caso de necessidade os pacientes são internados é edifício o mais alto da Dinamarca e o sétimo hospital mais alto do mundo, com 25 pisos. Utiliza uma política de limpeza centralizada, sendo um dos edifícios do hospital um edifício de serviços como a própria limpeza das camas. Este edifício está bastante afastado dos internamentos, fazendo com que as camas tenham que percorrer uma grande distância desde os internamentos até à sala de limpeza situada no edifício de serviços. O esquema do percurso realizado pelas camas pode ser visualizado no Anexo I. De referir que é no edifício situado entre os internamentos e o edifício de serviços que se situa o departamento de emergências e as salas de consultas médicas.



Figura 3.2 - Fotografia aérea do hospital de Herlev

O hospital em 2014 tinha um número de colaboradores superior a 4 mil, 691 camas hospitalares e recebeu mais de 170 mil pacientes, o que dá uma média superior a 450 pacientes atendidos por dia (HerlevHospital, 2016).

3.2 - Descrição do caso de estudo

No sentido de demonstrar que a técnica de simulação computacional aplicada à gestão hospitalar pode ser vantajosa, será desenvolvido um modelo de simulação de um departamento do hospital de Herlev, como anteriormente referido. Para que seja possível a modelação de um sistema serão necessários dados do sistema real e, por vezes, assumir alguns pressupostos para alguns dados que não se tenha acesso ou para simplificar o sistema. Contudo, deve ser garantido que estes pressupostos não alteram significativamente o sistema real. Neste ponto serão apresentados os dados e os pressupostos assumidos para a modelação do sistema no capítulo seguinte, sobre o hospital de Herlev. Os dados apresentados foram obtidos através do Professor Peter Jacobsen, da DTU, através do contacto com a gestão do próprio hospital e da página da internet do hospital de Herlev.

O sistema real em estudo é o departamento de pediatria do hospital de Herlev. Será modelado o ciclo das camas hospitalares presentes neste departamento para que se possam obter resultados em relação à possível redução no número de camas, que por sua vez leva a uma redução de custos. Uma vez que o foco do estudo são as camas hospitalares (e não os pacientes), apenas serão considerados os pacientes que entram na pediatria (menores de 18 anos) e que necessariamente utilizam uma cama de hospital.

Para a descrição do caso de estudo, uma vez que as camas hospitalares são o foco do estudo em primeiro lugar é necessário descrever o ciclo de vida de uma cama hospitalar no departamento de pediatria. Resumidamente, uma cama assim que contém um paciente é transportada do departamento de emergência para os internamentos, local onde os pacientes terão de passar algum tempo de tratamento. Assim que os pacientes podem abandonar o hospital a cama é transportada para o edifício de serviços onde sofre o processo de limpeza. Após o processo de limpeza é transportada para o armazém onde se encontram as camas limpas e está preparada para ser ocupada por um novo paciente. Em seguida é explicado cada um destes processos com mais detalhe.

3.2.1 - Ciclo de vida de uma cama hospitalar

O ciclo de vida de uma cama é a base da modelação do sistema de simulação. Deste modo é importante perceber claramente este ciclo para que a modelação seja menos complexa.

O primeiro passo deste ciclo é a chegada do paciente ao hospital. Assim que o paciente chega ao departamento de emergência é colocado numa cama e só a deixará assim que receber alta médica para abandonar as instalações do hospital. A cama na qual o paciente será colocado encontra-se num armazém de camas limpas situado no edifício onde se situa o departamento de emergência, próximo deste. Durante todo o percurso dentro do hospital estará a utilizar uma

cama hospitalar. Neste primeiro passo em que chegam os pacientes ao hospital existe uma distinção a fazer entre o tipo de pacientes que chegam. Existem os pacientes que são esperados no hospital para serem internados por qualquer motivo de saúde, denominados de *pacientes esperados* que implicam um planeamento prévio, e existem os pacientes que o hospital não planeia e que terão ainda de ser observados, os *pacientes de emergência*. A este último tipo de pacientes, será atribuída uma pulseira de uma determinada cor, consoante o seu estado de gravidade. Por ordem decrescente de gravidade, as cinco cores atribuídas são vermelho, laranja, amarelo, verde e azul. Os pacientes de emergência após serem tratados no departamento de emergência podem abandonar o hospital ou então são levados para as salas de internamento, continuando a ocupar a mesma cama que ocuparam inicialmente.

Quando um paciente é tratado ou internado não significa que a cama esteja imóvel. Por vezes, é necessária a realização de exames médicos ou cirurgias mas, para este estudo, apenas interessa o tempo que cada cama se encontra em cada processo.

Após os tratamentos, o paciente procederá à saída do sistema. A cama no entanto continuará no hospital e terá de sofrer um processo de limpeza e só depois estará preparada para ser ocupada por um novo paciente. A cama será então transportada para a sala de limpeza de camas que, como apresentado na Figura 3.2 se situa noutro edifício diferente da sala de internamento e do departamento de emergência.

Nos internamentos, um operador de transporte de camas, quatro vezes por dia, recolhe todas as camas vazias que lá se encontram, movimentando-as até ao elevador, que permite que sejam levadas para um piso subterrâneo. Neste piso encontra-se um outro operador que coloca as camas num *conveyor* (transportador) que transporta a cama até à área de limpeza, passando por baixo de todo o edifício central do hospital. Quando as camas chegam ao edifício onde se realiza a sua limpeza, as camas são transportadas através de um elevador, até à sala de limpeza. As camas que são utilizadas apenas no departamento de emergência serão colocadas no mesmo *conveyor*, por operadores ou enfermeiros responsáveis por esse serviço, sendo que a distância até ao edifício da limpeza é menor (em relação à distância entre os internamentos e os edifício de limpeza) e, por conseguinte, o tempo de transporte também será menor.

A limpeza de camas é efetuada em três atividades sequenciais: i) todos os lençóis e restantes têxteis são retirados, assim como objetos que se encontrem na cama; ii) a cama é limpa através de um mecanismo de alta pressão; iii) a cama é feita com lençóis e almofada lavados e isolada em plástico; cada uma destas três atividades caracteriza-se por uma determinada duração e após a limpeza as camas estão preparadas para serem ocupadas por novos pacientes.

Por último, a cama é transferida novamente para o departamento de emergência onde será ocupada por um novo paciente. A transferência entre a sala de limpeza e o departamento de emergência é semelhante ao efetuado previamente entre o departamento de emergência e a sala de limpeza mas neste caso no sentido inverso.

Para esquematizar o ciclo de vida de uma cama hospitalar e facilitar a modelação no Arena o ciclo de vida é representado como um fluxograma, como observa na Figura 3.3. O

fluxograma inicia com a chegada do paciente, e a respetiva ocupação da cama e termina com a saída do mesmo. Antes há uma divisão entre cama e paciente após a alta médica do paciente. A cama segue para a limpeza e o paciente sai do sistema.

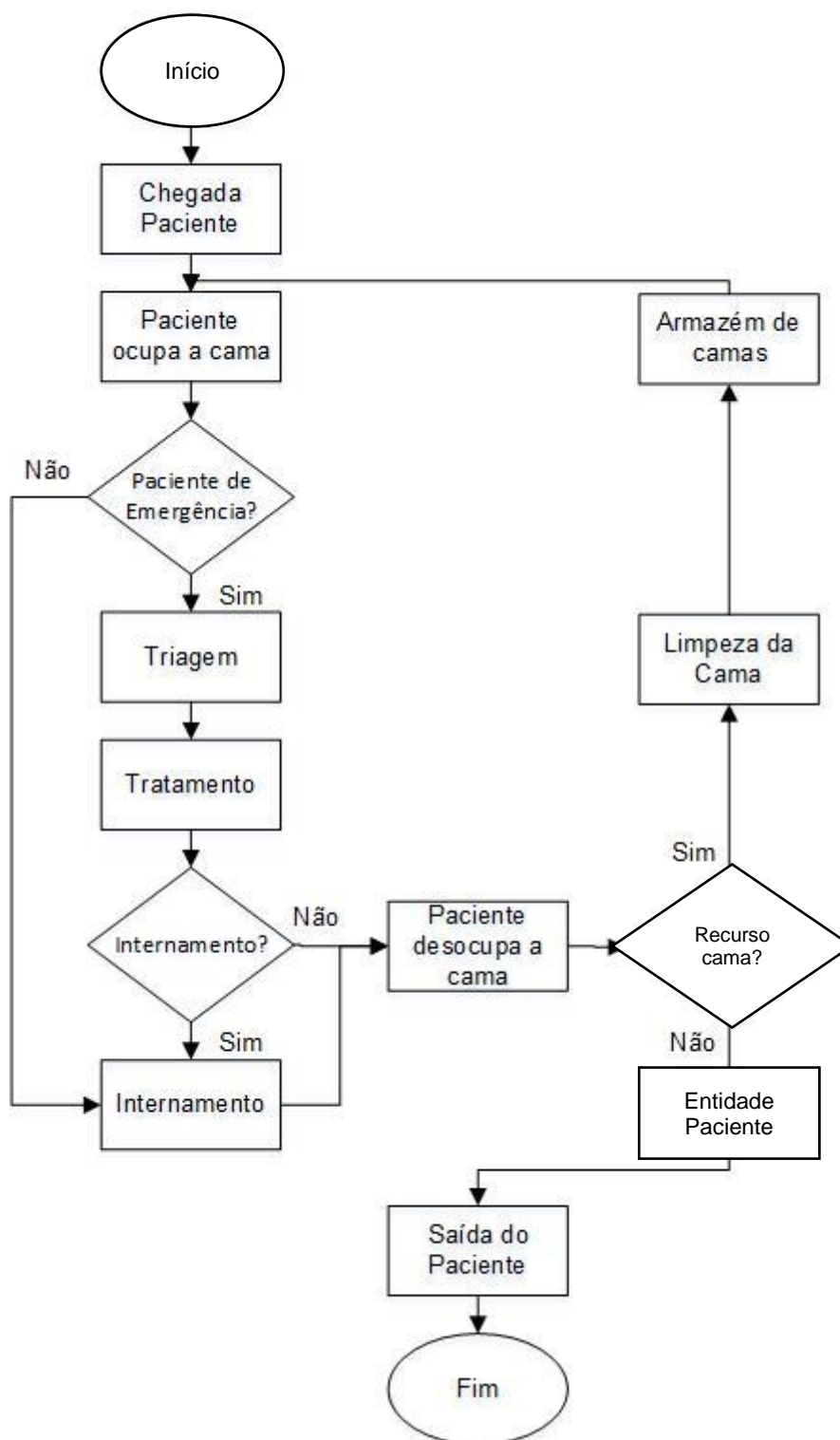


Figura 3.3 - Ciclo de vida de uma cama hospitalar

3.2.2 – Apresentação de dados do caso de estudo

Os dados existentes foram fornecidos ao Professor Peter Jacobsen, da DTU, por responsáveis da gestão do hospital de Herlev, relativamente aos pacientes que chegam ao Departamento de Pediatria e necessitam obrigatoriamente de cama. O intervalo de tempo entre chegadas consecutivas de pacientes de emergência é aproximadamente modelado por uma distribuição exponencial negativa com parâmetro 96 min/paciente. Os pacientes esperados chegam segundo um planeamento de três pacientes por dia. Calcula-se que em média aproximadamente 20% dos pacientes têm o internamento marcado, sendo portanto pacientes esperados e 80% são pacientes de emergência. A pediatria tem atualmente 76 camas para os seus pacientes (HerlevHospital, 2016).

Como referido em 3.2.1, os pacientes de emergência necessitam de passar por um processo de triagem, onde lhes é atribuído uma pulseira com determinada cor. Consoante a cor, existe um tempo de espera e um tempo de tratamento associados. Estes tempos são modelados através de distribuições normais, que são apresentados, com os valores médio e de desvio padrão em minutos Tabela 3.2. A distribuição média por cor e a probabilidade de determinado paciente com a respetiva cor seguir para internamento após o tratamento no departamento de emergência são também conhecidas e apresentadas na Tabela 3.2

Tabela 3.2 - Tempos e Distribuições de probabilidades associados às cores das pulseiras

Cor da Pulseira (ordem decrescente de gravidade)	Tempo de Espera (min)	Tempo de Tratamento (min)	Distribuição de cores	Percentagem que vai para o internamento
Vermelha	0	Dist. Normal (60,10)	2,7%	95%
Laranja	Dist. Normal (10,1)	Dist. Normal (45,10)	23,6%	72%
Amarela	Dist. Normal (30,10)	Dist. Normal (35,10)	26,4%	38%
Verde	Dist. Normal (70,15)	Dist. Normal (30,5)	15,4%	21%
Azul	Dist. Normal (100,20)	Dist. Normal (15,5)	31,9%	7%

O tempo de internamento de um paciente no hospital é aquele que apresenta um maior valor médio. No mínimo cada paciente tem de estar internado 12 horas por precaução médica, mesmo que em menos tempo se apresente curado. O tempo necessário de internamento até um paciente estar curado será modelado por uma distribuição Normal, com valor médio de 2 dias e desvio padrão igual a 1 dia.

Importante será conhecer os tempos de transporte das camas desde as salas de internamento e o departamento de emergência até à sala de limpeza e ainda as durações dos três processos de limpeza. Todos estes processos têm associados uma duração determinística e estes tempos são apresentados na Tabela 3.3

Tabela 3.3 - Duração de todos os processos de transporte e limpeza de camas

Processo	Tempo (segundos)
Transporte da sala de internamento até ao <i>conveyor</i>	600
Transporte no <i>conveyor</i> desde o edifício dos internamentos até ao edifício da sala de limpeza	960
Elevador até à sala de limpeza	64
Transporte do Departamento de Emergência até ao edifício da sala de limpeza	500
Remoção dos lençóis e objetos da cama	49
Limpeza através de mecanismo de alta-pressão	65
Colocação dos lençóis, almofada e cobertura de plástico	38
Elevador até ao <i>conveyor</i>	64
Transporte do edifício da sala de limpeza até ao Departamento de Emergência	500

Apesar do hospital de Herlev trabalhar durante todas as horas do dia durante todos os dias do ano existem alguns processos que obedecem a determinados horários. Para a modelação do sistema foram assumidos horários de limpeza e de recolha de camas. O horário de limpeza será todos os dias das 6:00h até às 22:00h. A recolha de camas funciona em quatro horários diferentes: 8:30h, 10:30h, 12:30h e 14:30h. Em cada um destes horários os operadores de transporte de camas efetuam a recolha de camas durante um período de 90 minutos.

3.2.3 - Pressupostos assumidos

Na elaboração do modelo de simulação são assumidos alguns pressupostos que podem não corresponder ao sistema real na sua totalidade. No entanto estes pressupostos servem para simplificar não retirando a credibilidade dos processos mais relevantes do modelo. Os pressupostos assumidos nesta modelação foram os enumerados em seguida:

- Uma vez que o estudo é apenas para os pacientes da pediatria que necessitam de cama assim que entram no hospital assume-se que no instante de tempo em que o paciente entra no sistema começa logo a utilizar um recurso, a cama;

- Desde o momento em que o paciente entra no sistema e começa a utilizar a cama como recurso, nunca mais deixará de utilizá-la até à sua saída do sistema. Assim, assume-se que mesmo que o paciente necessite de percorrer distância entre vários departamentos a cama a utilizar é sempre a mesma do início ao fim da sua estadia no sistema;
- Todos os dias em que ocorrerá simulação terão as mesmas condições. A chegada de pacientes ao sistema, a duração dos diferentes processos, os diferentes horários de limpeza e recolha de camas terão as mesmas condições em qualquer dia da simulação. Assim sendo, não existirá diferenças entre os dias de semana, fim de semana, feriados, estações do ano;
- Assume-se que as camas, transportadores e máquinas de limpeza não terão avarias e estarão sempre nas melhores condições, não sendo efetuadas manutenções preventivas nem corretivas;
- Os tempos de transporte e de limpeza, como já referido, serão determinísticos. No sistema real poderão não ser constantes mas para este modelo assim serão considerados;
- O espaço no armazém de camas, sala de internamento e transportadores são ilimitados. Assim, assume-se que poderão existir quantas camas forem necessárias em cada um destes locais o que no sistema real pode não corresponder totalmente à verdade.

Capítulo 4 – Proposta de modelação do sistema

Este capítulo divide-se em dois subcapítulos, um em que é explicado detalhadamente como foi efetuada a modelação do sistema no *software* Arena descrito no Capítulo 3. O segundo subcapítulo contém a proposta de outros cenários, com o objetivo de reduzir custos e verificar a disponibilidade do hospital para futuras alterações, sempre sem colocar em causa a segurança dos pacientes.

4.1 - Desenvolvimento do modelo de simulação do sistema atual

O modelo estrutural do sistema completo em Arena é apresentado na Figura 4.. Na Figura 4. o modelo encontra-se dividido em duas partes, sendo que a segunda parte é uma continuação da primeira [c) continua em c) e d) continua em d)]. Para a explicação mais pormenorizada o modelo é dividido em quatros pontos:

- Chegada dos pacientes;
- Triagem dos pacientes de emergência;
- Internamento e recolha de camas;
- Limpeza das camas e transporte para o departamento de emergência.

Com a divisão do modelo em quatros partes a explicação da modelação é mais perceptível. Todos os módulos do Arena utilizados nesta modelação encontram-se na Tabela 2.4 e as suas funções básicas no *software* explicadas. Os resultados da simulação são apresentados e analisados no Capítulo 5.

4.1.1 - Chegada dos pacientes

A chegada dos pacientes ao sistema é modelada por dois módulos *Create*, um para cada tipo de pacientes. Em seguida tem dois módulos *Assign*, um *Process Seize-Delay* (com um Delay = 0) e por fim um módulo *Decide*. O tempo de simulação total desta etapa é nulo, pois ainda não houve nenhum *Delay*.

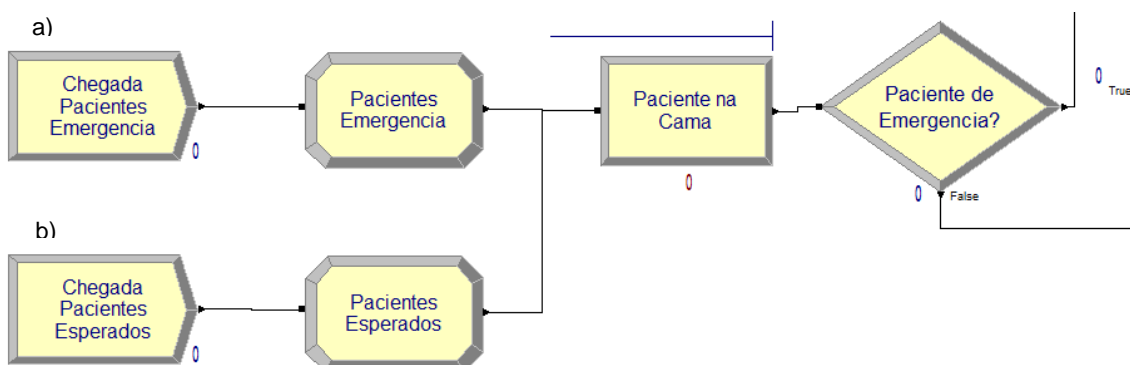


Figura 4.1 - Modelação da chegada dos pacientes

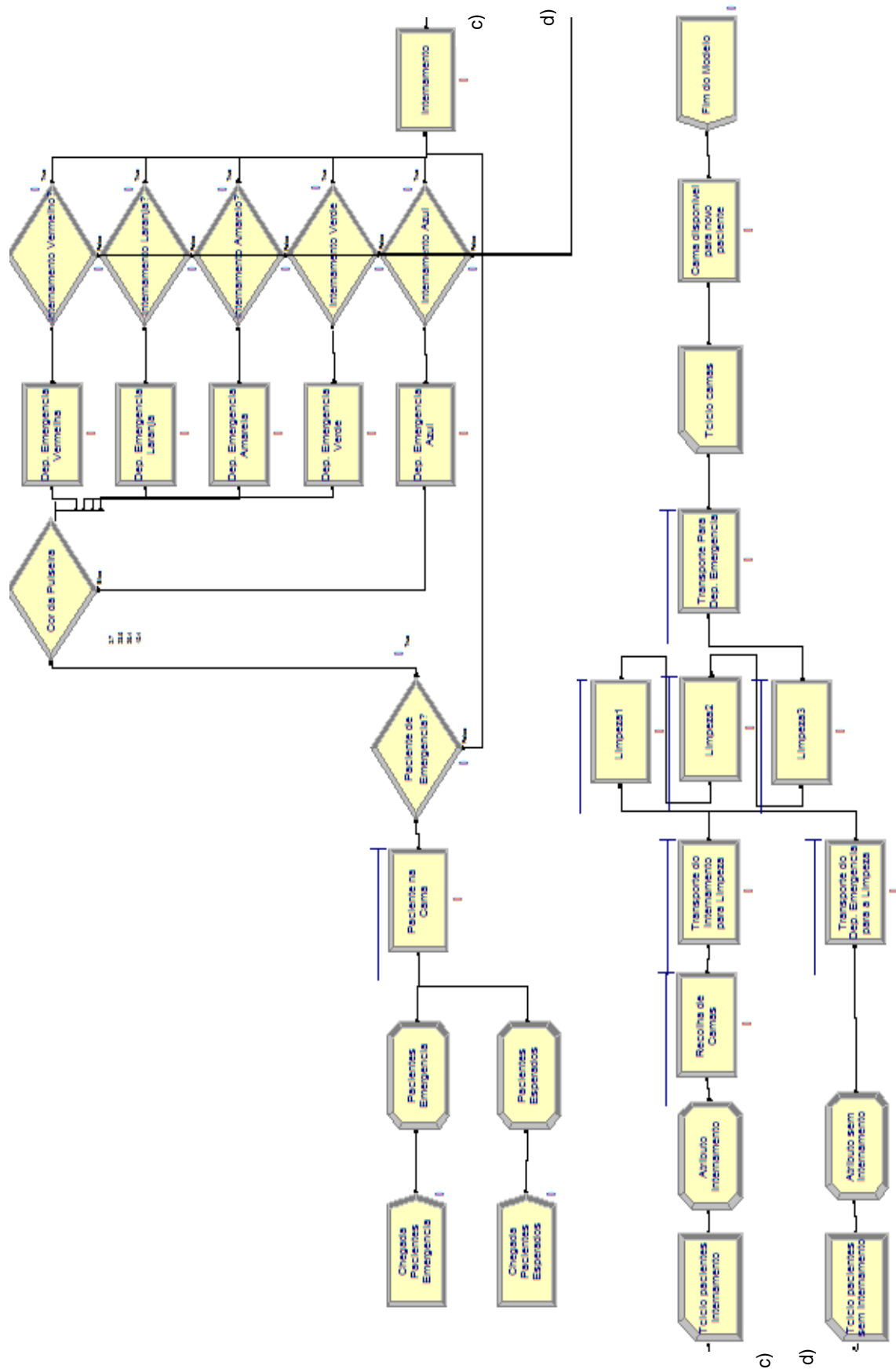


Figura 4.2 – Modelo estrutural em Arena

Os primeiros módulos modelam o intervalo de tempo entre chegadas de pacientes ao departamento de pediatria do hospital, Figura 4.4. O intervalo de tempo entre chegadas dos pacientes de emergência é modelado por uma distribuição exponencial com parâmetro de 96 minutos enquanto as chegadas dos pacientes esperados são modeladas com a chegada de três pacientes de 24 em 24 horas.

a)

Name:		Entity Type:	
Chegada Pacientes Emergencia		pacientes	
Time Between Arrivals			
Type:	Value:	Units:	
Random (Expo)	96	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
1	Infinite	0.0	

b)

Name:		Entity Type:	
Chegada Pacientes Esperados		pacientes	
Time Between Arrivals			
Type:	Expression:	Units:	
Expression	24	Hours	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
3	Infinite	0.0	

Figura 4.4 - Módulos a): "Chegada Pacientes Emergencia" e b): "Chegada Pacientes Esperados"

Para associar a cada tipo de pacientes uma característica diferente, são colocados dois módulos de atribuição, o módulo "Pacientes Emergencia" e o módulo "Pacientes Esperados" (Figura 4.5) em que se atribui ao atributo "tipodepacientes" os valores 1 e 2 para os pacientes de emergência e pacientes esperados respetivamente. Outro atributo definido é o tempo de chegada do paciente ao qual é atribuído o valor atual de simulação, *Time Now (TNOW)*. Como o atributo é atribuído logo após a chegada do paciente, no momento em que cada paciente passa neste módulo tem um valor de *TNOW* igual ao seu tempo de chegada. Este atributo será importante posteriormente quando no calculo dos tempos de ciclo dos pacientes e das camas, ou seja, o tempo total que um paciente esteve no hospital e o tempo total que uma cama saiu do armazém de camas limpas para se ocupada por um paciente até ao seu regresso, após a limpeza.

Name:	Name:
Pacientes Emergencia	Pacientes Esperados
Assignments:	Assignments:
Attribute, tempochegada, TNOw/ Attribute, tipodepacientes, 1	Attribute, tempochegada, TNOw/ Attribute, tipodepacientes, 2

Figura 4.5 – Módulos “Pacientes Emergencia” e “Pacientes Esperados”

O módulo “Paciente na Cama” é um processo *Seize-Delay* e tem como função a atribuição de um recurso a cada paciente, uma vez que existia o pressuposto que a cada paciente era atribuída uma cama na sua chegada. A duração deste processo será nula como pode ser observado na Figura 4.6. Na Figura 4.7, é apresentado a capacidade do recurso, igual a 76 uma vez que no sistema atual existem 76 camas.

Name:	Type:
Paciente na Cama	Standard
Logic	
Action:	Priority:
Seize Delay	Medium(2)
Resources:	
Resource, cama, 1	Add...
<End of list>	Edit...
	Delete
Delay Type:	Units:
Constant	Hours
Allocation:	
Value Added	
Value:	
0	

Figura 4.6 - Módulo "Paciente na Cama"

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	cama	Fixed Capacity	76

Figura 4.7 - Capacidade do Recurso

Por último um novo módulo de decisão que tem como critério o atributo relativo ao tipo de pacientes. Caso sejam pacientes de emergência seguirão para a triagem, os pacientes esperados seguirão diretamente para os internamentos para serem internados.

4.1.2 - Triagem dos pacientes de emergência

A triagem dos pacientes de emergência é modelada com apenas dois tipos de módulos, *Decide* e *Process Delay*, Figura 4.8. Em primeiro lugar um módulo *Decide* que divide os pacientes

consoante o seu estado de gravidade. Para cada estado de gravidade (cor da pulseira) existe *Delay* no departamento de emergência e uma probabilidade de seguir ou não para internamento.

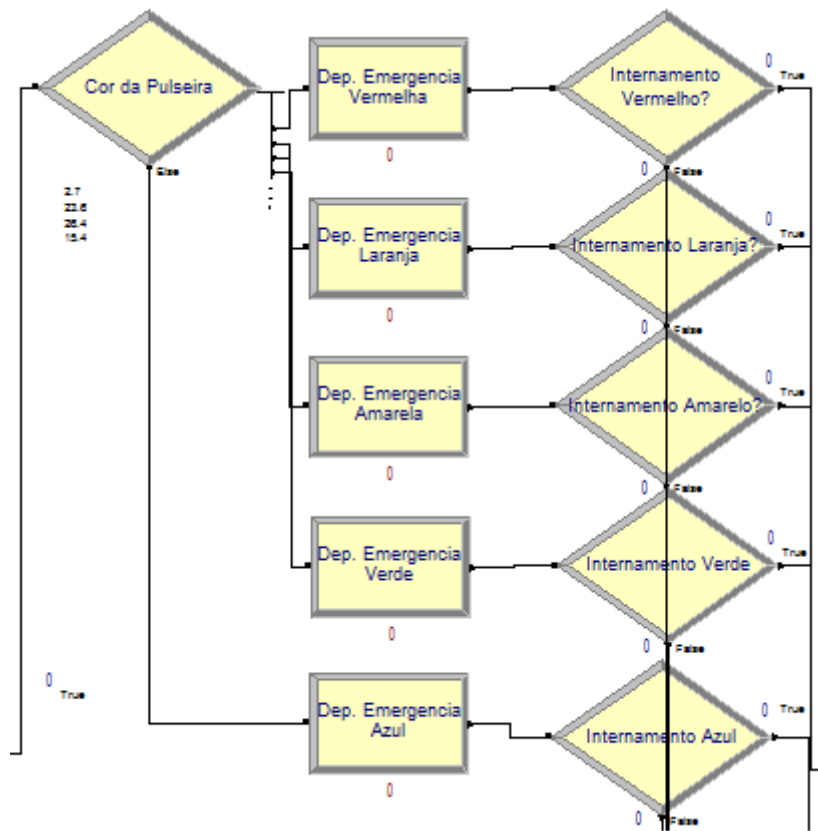


Figura 4.8 – Modelação da triagem dos pacientes de emergência

Na modelação em Arena do processo de triagem em primeiro lugar as entidades são divididas de acordo com a sua probabilidade de distribuição apresentado anteriormente na Tabela 3.2.

Na Figura 4.9 apresenta-se a modelação em Arena desta divisão, sendo que a percentagem da cor azul não é colocada porque são todas as entidades que não forem de nenhuma das outras cores.

The screenshot shows the 'Name:' field set to 'Cor da Pulseira' and the 'Type:' dropdown set to 'N-way by Chance'. The 'Percentages:' list contains the values 2.7, 23.6, 26.4, and 15.4, with '<End of list>' selected at the bottom. To the right of the list are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'.

Figura 4.9 - Divisão dos pacientes por estado de gravidade

No departamento de emergência cada paciente tem um tempo de espera e um tempo de tratamento associados à cor da pulseira, como apresentado na Tabela 3.2. Este processo no Arena é apenas um *Delay* pois não ocupa nenhum recurso adicional. Deste modo, e como é apresentado na Figura 4.10, para a cor de pulseira azul, o tempo total do processo é igual à soma das duas durações. Para as restantes cores de pulseiras a lógica seguida é a mesma.

Name:		Type:
Dep. Emergencia Azul		Standard
Logic		
Action:		
Delay		
Delay Type:	Units:	Allocation:
Expression	Minutes	Value Added
Expression:		
NORM(100,20) + NORM(15,5)		
<input checked="" type="checkbox"/> Report Statistics		

Figura 4.10 - Duração do tempo de espera e tempo de tratamento para um paciente com pulseira azul

Os módulos seguintes são as probabilidades de um paciente ser internado tendo em conta a pulseira recebida. Estas probabilidades também foram apresentadas no Capítulo 3 na Tabela 3.2

4.1.3 - Internamento e recolha de camas

Esta secção do modelo é composta por dois percursos, um para as camas dos pacientes internados e outro para as camas dos pacientes que não necessitaram de internamento, Figura 4.11. Para cada um dos percursos há um módulo *Record*, um módulo *Assign* e um módulo *Process Seize-Delay-Release* relativo ao transporte para a sala de limpeza associados. Para as camas cujos pacientes passam pelo internamento ainda é necessário a modelação do internamento e da recolha de camas, através de um módulo *Process Delay* e um *Process Seize-Delay-Release* respetivamente.

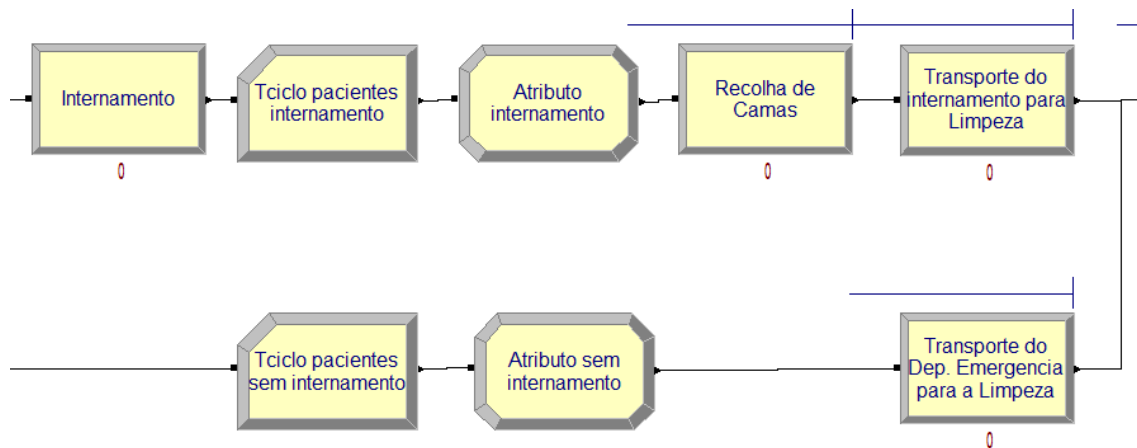


Figura 4.11 - Modelação do internamento e recolha de camas

A duração do tempo de internamento, à semelhança do que acontece no tempo passado no departamento de emergência é modelada por um processo *Delay*. A diferença neste caso é que todos os pacientes que são internados têm, por precaução, obrigatoriamente de passar 12 horas internadas. Assim, para modelar o tempo de internamento recorre-se à função máximo do Arena (MX), como se pode observar Figura 4.12, para que caso o tempo de internamento necessário seja menor que 12 horas o programa assume as 12 horas.

Name:		Type:
Internamento		Standard
Logic		
Action:		
Delay		
Delay Type:		
Expression	Units:	Allocation:
Days	Value Added	
Expression:		
MX(0.5,NORM(2,1))		
<input checked="" type="checkbox"/> Report Statistics		

Figura 4.12 - Modelação do tempo de internamento

Após o internamento são registados os tempos de ciclo dos pacientes que estiveram internados e dos que não estiveram. Este registo é efetuado através de um módulo próprio para o efeito, Figura 4.13, sendo igual ao intervalo de tempo entre o momento em que as entidades passam no respetivo módulo e o tempo de chegada, atribuído anteriormente.

Name:	Type:
Tciclo pacientes internamento	Time Interval
Attribute Name:	<input type="checkbox"/> Record into Set
tempochegada	
Tally Name:	
Tciclo_pacientes_internamento	

Figura 4.13 - Registo do tempo de ciclo dos pacientes

Após o registo é atribuída uma nova característica às entidades, para diferenciar as camas que passaram pelo processo de internamento dos pacientes das que não passaram. Este atributo será importante numa perspetiva de calcular os tempos das camas tendo em conta o seu percurso no hospital. O passo seguinte a modelar é a recolha das camas nos internamentos depois dos pacientes terem estado internados. Esta recolha de camas como foi referido no Capítulo 3 é realizada por um operador que, quatro vezes por dia efetua a recolha por períodos de 90 minutos. Sendo assim, o recurso terá um horário associado, que pode ser definido no Arena como se apresenta na Figura 4.14, onde cada coluna azul representa um período de trinta minutos. O tempo deste processo é o indicado na Tabela 3.3 para o transporte entre a sala de internamento e o transportador de camas.

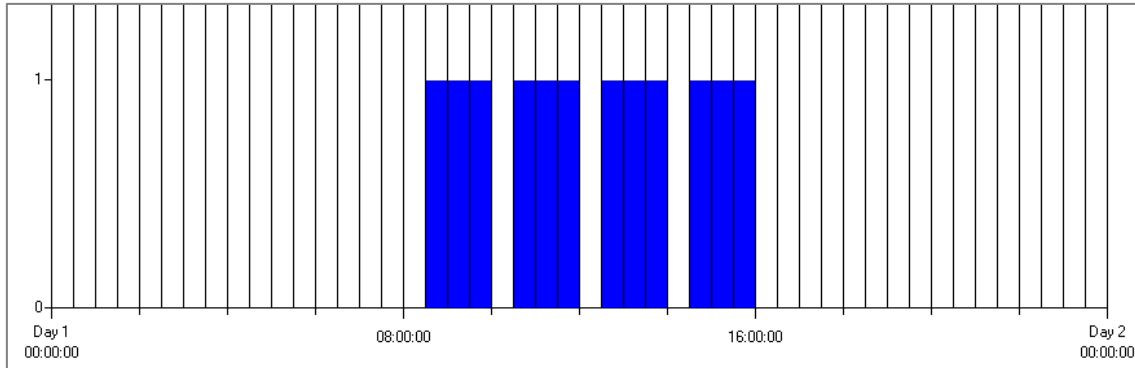


Figura 4.14 - Horário de recolha de camas

Depois das camas serem recolhidas nas salas de internamento são transportadas para a sala de limpeza, o mesmo acontecendo às camas que foram utilizadas pelos pacientes que apenas necessitaram de tratamento no departamento de emergência. A modelação destes transportes é um processo *Seize-Delay-Release*, em que o recurso é o transportador. A duração do transporte é apresentado na Tabela 3.3. A capacidade deste transportador é infinita, uma vez que o pressuposto assumido é o de que não existem limitações neste recurso.

4.1.4. - Limpeza das camas e transporte para o departamento de emergência

A última secção da modelação do sistema é a limpeza da cama e o seu transporte até ao armazém no departamento de emergência, de modo a estar disponível para ser ocupada por um novo paciente. Esta secção é modelada por módulos *Process Seize-Delay-Release* para os processos de limpeza e transporte e por um *Process Release* antes do último módulo do modelo, o *Dispose*. Pelo meio tem um módulo de *Record* para registar o tempo de ciclo das camas hospitalares, (Figura 4.15).

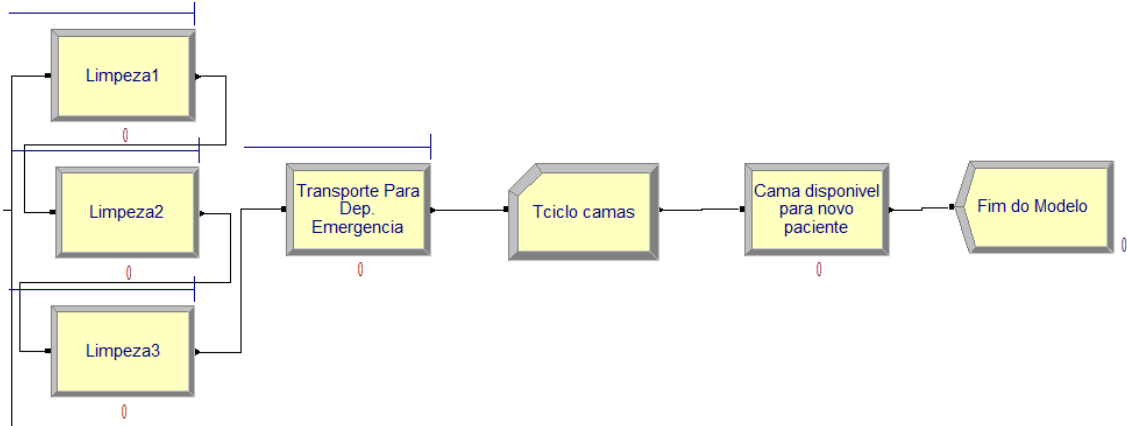


Figura 4.15 - Modelação da limpeza das camas e transporte para o departamento de emergência

O processo de limpeza é a soma de três processos *Seize-Delay-Release* em que os recursos são denominados de “unidade de limpeza” e o respetivo número, caso seja o primeiro, o segundo ou o terceiro processo. A duração de cada processo é constante e está dependente do horário de limpeza, referido no Capítulo 3 e que pode ser observado na Figura 4.16.

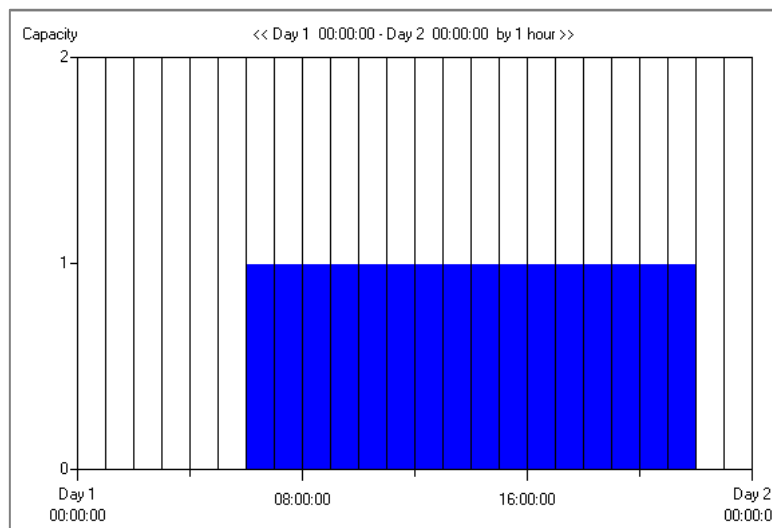
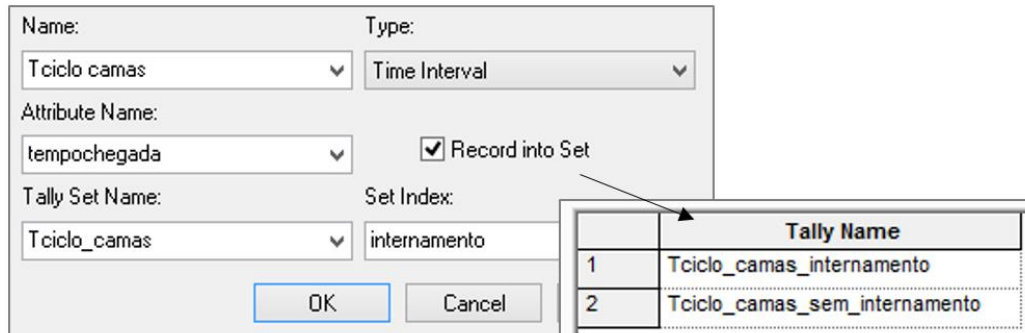


Figura 4.16 - Horário de Limpeza de camas

O transporte para o departamento de emergência é modelado do mesmo modo que os transportes anteriores. Antes de finalizar o sistema é importante registar o tempo de ciclo das camas. Este tempo de ciclo é registado de acordo com o percurso da cama. A cama pode ter

levado um percurso maior, caso o paciente tenha estado internado, ou menor, na situação em que não existiu internamento do paciente. Para que o Arena armazene esta informação foi registado num Set, em que as duas informações são armazenadas consoante o percurso da cama. Esta modelação foi efetuada como se encontra na Figura 4.17.



Tally Name	
1	Tciclo_camas_internamento
2	Tciclo_camas_sem_internamento

Figura 4.17 - Registo de tempo de ciclo das camas num Set

O último processo tem como função libertar a cama do sistema, de modo a estar disponível no sistema para um novo paciente.

4.1.5 – Tempo e replicações da simulação

Modelado o sistema da pediatria do hospital de Herlev no *software* Arena faltam definir as condições em que a simulação decorre. Para que os resultados possam ser fiáveis deve-se definir um tempo elevado de simulação e mais do que uma replicação. Neste caso foram definidas três replicações para um período de dois anos, com um tempo de *warm-up* de uma semana. Eliminam-se assim as condições iniciais do sistema em que o hospital não tem pacientes e efetuam-se três simulações de elevada duração. A janela com as condições de simulação definida no Arena encontra-se na Figura 4.18.

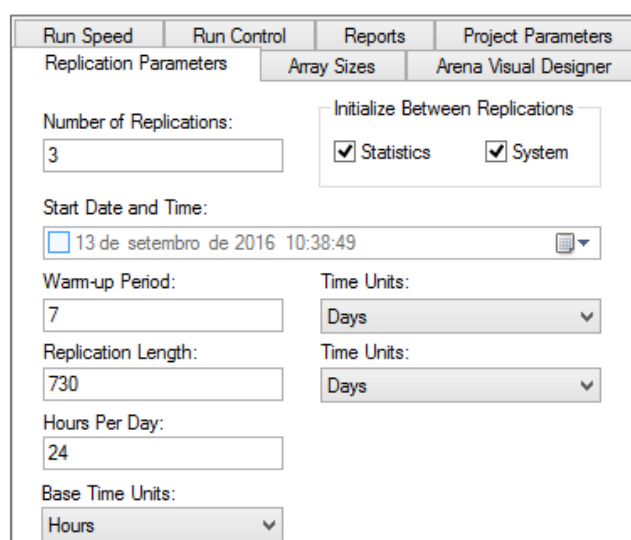


Figura 4.18 - Janela do Arena com as condições de simulação

Os resultados obtidos através da simulação são apresentados no Capítulo 5.

4.2 – Proposta de cenários

Este subcapítulo tem como propósito a apresentação de diferentes cenários, para um tipo de análise diferente ou para a apresentação de possíveis melhorias ao sistema. O sistema atual do departamento de pediatria do hospital de Herlev foi modelado em 4.1. Agora, são apresentados três cenários diferentes, classificados de A a C e explicadas as alterações a efetuar na modelação. Os resultados obtidos em todos os cenários apenas são apresentados no Capítulo 5, à semelhança dos resultados obtidos para o sistema atual.

4.2.1 – Cenário A: Alteração ao número atual de camas hospitalares

O primeiro cenário é a alteração do número de camas disponíveis para um maior tempo de simulação. Fazendo alterações ao número de camas disponíveis é possível propor melhorias ao sistema, numa perspetiva de redução de custos. Apesar de não ser possível otimizar sistemas a partir da técnica de simulação é possível verificar hipóteses de melhoria. Atualmente existem 76 camas disponíveis, cenário já simulado em 4.1. Para o Cenário A, o número de camas disponíveis no sistema simulado são inicialmente de 63 para o tempo de simulação de quatro anos. Para o efeito a única alteração na modelação em Arena é a alteração da capacidade do recurso “cama” para o valor pretendido. Deste modo pretende-se perceber se é possível reduzir o número de camas e um aumento do tempo de simulação permite que exista a possibilidade de existência de uma maior afluência de pacientes ao hospital. Os resultados obtidos e a sua análise e a serão apresentados no Capítulo 5.

4.2.2 – Cenário B: Aumento da taxa de chegada dos pacientes

No Capítulo 3 refere-se que existe uma previsão de um aumento da população de Copenhaga de 20% nos próximos dez anos. Tendo em conta que um hospital é um edifício que se pretende manter em funcionamento durante um largo período de anos, deverá estar preparado para futuras alterações demográficas. Neste sentido no Cenário B o número de pacientes será maior para verificar se o sistema atual tem capacidade para suportar este aumento populacional. Uma vez que a distribuição de intervalos de tempo entre chegadas consecutivas segue uma distribuição exponencial negativa, o número de chegadas por intervalo de tempo segue uma distribuição de *Poisson*. Deste modo, pode-se calcular a taxa de chegadas de pacientes para um aumento de 20% da (equação da Figura 4.19), assumindo que os pacientes de emergência do hospital sofrerão um aumento proporcional.

$$96 \frac{\text{min}}{\text{paciente}} \rightarrow \frac{1 \text{ paciente}}{96 \text{ min}} \approx 0,0104 \frac{\text{paciente}}{\text{min}}$$

$$0,0104 \frac{\text{paciente}}{\text{min}} \times 1,2 \approx 0,01248 \frac{\text{paciente}}{\text{min}} \rightarrow \frac{1 \text{ min}}{0,01248 \text{ paciente}} \approx 80 \frac{\text{min}}{\text{paciente}}$$

Figura 4.19 - Cálculo da nova taxa de chegadas

No Arena, substitui-se o valor de taxa de chegadas anterior por 80 minutos no módulo “Chegada Pacientes Emergencia” para testar este cenário.

4.2.3 – Cenário C: Diminuição do tempo de transporte e limpeza

Ao longo do Capítulo 2 foram referidas hipóteses alternativas de transportes que poderiam tornar este processo mais eficiente, tal como a limpeza das camas. Nesse sentido, e sem ter dados quantitativos relativamente ao tempo de diminuição que poderia existir automatizando totalmente o transporte e utilizando métodos mais eficientes de limpeza, o Cenário C consiste em diminuir os tempos destes processos. O objetivo não será apresentar uma solução, apenas simular o sistema com durações de processos menores para reforçar a utilidade da técnica de simulação e da introdução de tecnologias inovadoras nos hospitais. A redução dos tempos foi, arbitrariamente de 50%, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Duração dos processos de transporte e limpeza de camas no Cenário C

Processo	Tempo (segundos)
Transporte da sala de internamento até ao <i>conveyor</i>	300
Transporte no <i>conveyor</i> desde o edifício das internamentos até ao edifício da sala de limpeza	480
Elevador até à sala de limpeza	32
Transporte do Departamento de Emergência até ao edifício da sala de limpeza	250
Remoção dos lençóis e objetos da cama	25
Limpeza através de mecanismo de alta-pressão	33
Colocação dos lençóis, almofada e cobertura de plástico	19
Elevador até ao <i>conveyor</i>	32
Transporte do edifício da sala de limpeza até ao Departamento de Emergência	250

Para além destes valores na modelação foi retirado o horário do operador, uma vez que no caso de existir um transporte totalmente automatizado não será necessário nenhuma pessoa para realizar o serviço. O recurso passa a estar sempre disponível (automatizado).

Capítulo 5 – Análise e discussão de resultados

Este capítulo vem na sequência do caso de estudo abordado no Capítulo 3 e Capítulo 4, sobre o departamento de pediatria do hospital de Herlev. Tem como objetivo a apresentação e análise dos resultados da simulação no Arena do departamento de pediatria. No primeiro subcapítulo são apresentados os resultados para o sistema atual e no segundo capítulo os resultados dos cenários alternativos.

5.1 – Resultados para a situação atual

Após o modelo de simulação no Arena são obtidos muitos resultados relativos às entidades do sistema, às filas de espera, aos recursos entre outros. Estes resultados são o desempenho do sistema durante dois anos, replicados três vezes. Ou seja, existiram três simulações diferentes sob as mesmas condições. Os resultados têm por base a mesma modelação para cada replicação no entanto os resultados apresentam diferenças por se tratar de um modelo estocástico. No sistema atual interessa sobretudo analisar as camas, a sua percentagem de utilização e a verificação se alguma vez existiu um paciente à espera de cama.

De seguida apresentam-se imagens retiradas do relatório produzido pelo Arena após a simulação do sistema nas condições atuais. Os resultados que cada imagem contém são analisados e comentados antes da imagem.

Na primeira imagem, Figura 5.1, verifica-se o tempo médio de espera de cada cama. Uma vez que no momento da chegada ao sistema dos pacientes, estes ocupam uma cama o tempo de espera apresentado no programa pode ser considerado o tempo de espera de uma cama. O tempo médio de espera é uma média dos tempos de espera de cada cama em cada replicação da modelação.

O tempo de espera nos processos de limpeza é reduzido, sempre inferiores a uma hora, o que pode ser explicado pela pouca duração de cada processo. O módulo “Paciente na Cama” tem uma média nula de tempo de espera, o que significa que nunca em toda a simulação houve um paciente à espera de cama. Este dado é importante pois determina que o departamento de pediatria não apresenta falta de cama ao longo dos dois anos de simulação. No módulo “Recolha de Camas” o tempo de espera, superior a 2 horas é elevado, comparativamente aos outros módulos por onde a cama passa. Este tempo é justificado pelo facto de a recolha de camas ser efetuada manualmente segundo um horário, entre as 8 e as 16 horas. Assim, camas que estejam disponíveis para recolha apenas depois das 16 horas só são recolhidas no dia seguinte, o que contribui para aumentar o tempo de espera. Nos transportes, e uma vez que existe como pressuposto uma capacidade ilimitada nos recursos associados a estes processos, o tempo de espera é nulo.

Waiting Time	Average
Limpeza.Queue	0.8358
Limpeza2.Queue	0.00654308
Limpeza3.Queue	0.01886136
Paciente na Cama.Queue	0.00
Recolha de Camas.Queue	2.6132
Transporte do Dep.Emergencia para a Limpeza.Queue	0.00
Transporte do internamento para Limpeza.Queue	0.00
Transporte Para Dep.Emergencia.Queue	0.00

Figura 5.1 - Tempo médio de espera de cada cama em cada fila de espera

Em seguida, na Figura 5.2, é possível observar o número médio e máximo de camas que ficaram em espera nas três replicações de dois anos. Embora o valor médio seja reduzido em todos os módulos, o valor máximo nos módulos “Limpeza” e “Recolha de Camas” é de 22 e 17 respectivamente. Nesta situação não existem limitações ao nível do espaço disponível para as camas que estão em espera no primeiro processo de limpeza e na recolha de camas, mas, caso existisse uma limitação de espaço seria necessário reduzir este valor, aumentando o horário de recolha de camas e a capacidade do primeiro processo de limpeza, por exemplo.

Number Waiting	Average	Maximum Value
Limpeza.Queue	0.6250	22.0000
Limpeza2.Queue	0.00489317	6.0000
Limpeza3.Queue	0.01410209	1.0000
Paciente na Cama.Queue	0.00	0.00
Recolha de Camas.Queue	1.7412	17.0000

Figura 5.2 - Número médio e máximo de camas em fila de espera

Em relação à percentagem média de utilização dos recursos mais utilizados, as camas e o operador de recolha de camas, verifica-se na Figura 5.3 que são menores do que 50%. Significa que em média existem menos de metade das camas a serem utilizadas. Apesar de não ser confirmado por estes dados, é possível antecipar que uma redução no número de camas não deve afetar a qualidade do serviço do hospital, existindo a possibilidade de reduzir o número de camas e nunca existirem pacientes sem cama disponível. No que se refere à recolha de camas, mesmo não existindo um operador de recolha de camas durante 24 horas por dia a sua percentagem média de trabalho é inferior a 30% no tempo simulado. Uma redução no seu turno de trabalho ou uma tarefa para além da recolha de camas seriam soluções que poderiam aumentar a produtividade no hospital.

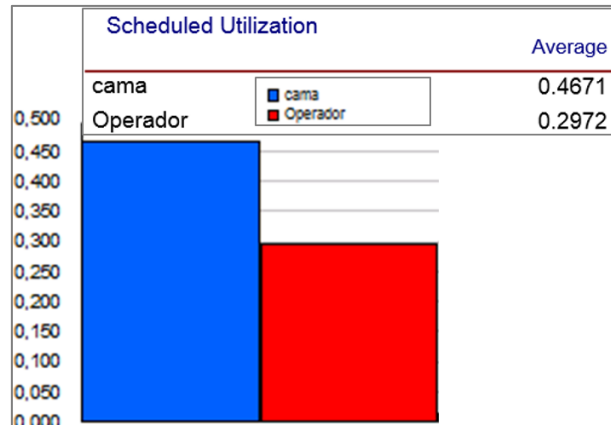


Figura 5.3 - Percentagem média de utilização dos recursos "cama" e "operador"

Em seguida são apresentados os valores das camas ocupadas durante o período de simulação. Como estes dados são os mais importantes para o caso de estudo, pois permitem verificar qual o número máximo de camas necessário, na Tabela 5.1 encontram-se os valores mínimos, médios, e máximos de camas utilizadas no mesmo momento para cada replicação. Embora em média, como tinha sido verificado na Figura 5.3, menos de metade das camas estão a ser utilizadas observa-se que o valor máximo de camas utilizadas foi de 63 camas nas replicações 1 e 3. Assim, e apesar de a simulação não ser uma técnica de otimização é possível propor uma redução de 13 camas no departamento de pediatria de modo a que nunca exista um paciente sem cama disponível. As três replicações para um período de dois anos significam que a probabilidade de em algum momento o departamento de pediatria necessite de um número superior a 63 camas é reduzida.

Tabela 5.1 - Números mínimo, médio e máximo de camas necessários em cada replicação

	Mínimo	Médio	Máximo
Replicação 1	15	35,0099	63
Replicação 2	14	35,7744	62
Replicação 3	17	35,7077	63

Em termos de número de pacientes que passaram no sistema e, portanto, de camas que foram utilizadas, verifica-se que entraram 12.969 pacientes na média das três replicações. O número de unidades de limpeza superior está relacionado com o tempo de *warm-up* pois no momento que começaram a ser colecionadas estatísticas o sistema já tinha pacientes. Dividindo o número de pacientes pelo número de dias, 723 (os dois anos menos o tempo de *warm-up*), conclui-se que em média entraram 17,94 pacientes por dia no departamento de pediatria. Recorde-se que este valor diz respeito apenas ao número de pacientes que entraram no departamento de pediatria e que necessitam obrigatoriamente de cama hospitalar na sua chegada. Os pacientes que não necessitam de cama não são estudados neste caso. Os valores

de ocupação do período de dois anos de simulação médios (média das três replicações) referidos são apresentados na Figura 5.4.

Observando os valores e o gráfico verifica-se que apenas 1406,33 em 12974,67 camas foram ocupadas pelo “Transporte 2”, movimentando-se diretamente do departamento de emergência para a sala de limpeza. Ou seja, aproximadamente 10,84% dos pacientes do departamento de pediatria não foram internados.

Total Number Seized	
	Average
cama	12969.33
Operador	11568.33
Transporte 1	11568.33
Transporte 2	1406.33
Transporte 3	12974.67
unidade de limpeza	12974.67
unidade de limpeza2	12974.67
unidade de limpeza3	12974.67

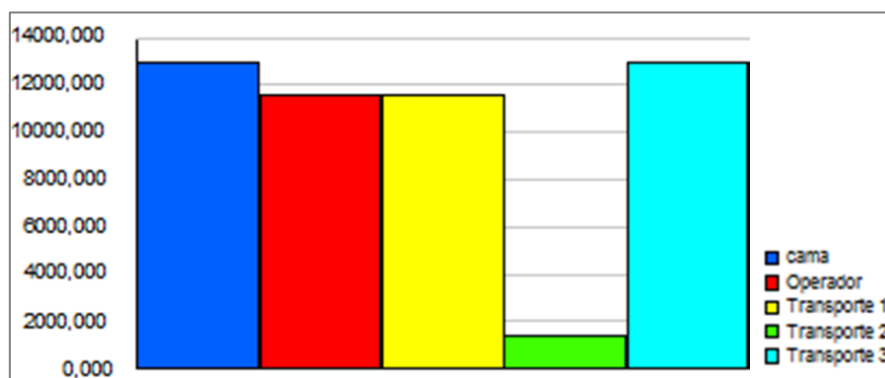


Figura 5.4 - Recursos ocupados em todo o período de simulação (média das três replicações). Valores e gráfico

Por fim na Figura 5.2 são também importantes de observar os tempos de ciclo dos pacientes e das camas. É perceptível que o internamento é o fator que mais contribui para que a duração de um paciente no hospital aumente e, por conseguinte, a cama que movimenta o paciente no hospital. Os pacientes passam em internados em média dois dias, como seria de esperar. Verifica-se ainda que a amplitude de tempo que os pacientes que não necessitam de internamento passam no hospital é pequena.

Os valores de tempo de ciclo podem ser importantes para quem é responsável pela gestão hospitalar, pois são indicadores que podem ajudar a encontrar medidas que contribuam para a melhoria da eficácia e da eficiência da logística hospitalar.

Tabela 5.2 - Tempos de ciclo dos pacientes e camas

	Mínimo	Médio	Máximo
Pacientes_internamento	12,00	48,82	160,71
Pacientes_sem_internamento	0,35	1,56	3,03
Camas_internamento	12,65	52,94	167,37
Camas_sem_internamento	0,69	2,74	8,34

5.2 – Análise dos resultados para diferentes cenários

Após serem apresentados e analisados os resultados da simulação neste subcapítulo são apresentados alguns dos resultados obtidos na simulação dos cenários A, B e C descritos em 4.2.

5.2.1 – Análise aos resultados do Cenário A

Neste cenário a alteração é a capacidade do recurso “cama” e a duplicação do tempo de simulação. Uma vez que na situação atual se verifica que o número de camas utilizadas nos dois anos de qualquer das replicações nunca excedeu as 63 camas, neste cenário são apresentados os resultados para três importantes indicadores para 63 e 65 camas, Tabela 5.3. Os indicadores são aqueles que definem se o departamento de pediatria do hospital tem ou não capacidade para os seus pacientes. Verifica-se que para as três simulações de quatro anos, ao contrário do que acontecia em 5.1 em simulações de dois anos, 63 camas são insuficientes, pois há pacientes na fila de espera no módulo “Paciente na Cama”. Para uma capacidade de 65 camas em quatro anos nunca existiu um paciente sem cama no entanto ocorreu estarem todas as 65 camas ocupadas. Por este motivo não é aconselhável diminuir o número de camas para 63 ou mesmo 65, como aparentava na simulação de dois anos analisada em 5.1. Para o caso de ocorrer uma grande afluência de pacientes será mais aconselhável ter um número de camas superior a 65.

Tabela 5.3 - Resultados obtidos no Cenário A para 63 e 65 camas hospitalares

	Tempo médio de espera na fila do módulo “Paciente na Cama”	Número Máximo de pacientes na fila de espera “Paciente na Cama”	Número máximo de camas ocupadas
63	0,00000682	2	63
65	0,00	0,00	65

5.2.2 – Análise aos resultados do Cenário B

No cenário B a alteração efetuada é o aumento do número de pacientes de emergência. Dado que a previsão aponta para um aumento populacional na região onde se localiza o hospital é interessante perceber se o departamento de pediatria tem capacidade para servir a população. São efetuadas duas simulações diferentes, uma com 76 camas, situação atual, outra com 80 camas. Os pacientes esperados não sofrem alterações neste cenário, pois o planeamento mantém-se nos três pacientes por dia. Na Tabela 5.4 é possível observar o resultado mais importante para este caso relativo ao módulo “Paciente na Cama”. Os resultados indicam que apesar de em todo o período de simulação o tempo médio de espera de um paciente para ocupar uma cama ser quase nulo, existe fila de espera. Ou seja, caso a população aumente é provável que em dois anos o número atual de camas não seja suficiente para que nunca exista pacientes à espera de uma cama hospitalar. Quando o número de camas é superior, 80, essa situação não existe, tendo o hospital capacidade para todos os pacientes que necessitam de cama pois o máximo que são ocupadas são 77.

Tabela 5.4 - Resultados obtidos no Cenário B para 76 e 80 camas hospitalares

	Tempo médio de espera na fila do módulo “Paciente na Cama”	Número Máximo de pacientes na fila de espera “Paciente na Cama”	Número máximo de camas ocupadas
76	0,00000048	1	76
80	0,00	0,00	77

5.2.3 – Análise aos resultados do Cenário C

Neste cenário a alteração é, como referida em 4.2.3, a diminuição dos tempos de transporte e de limpeza em 50% além de ser retirado o horário do operador de recolha de camas, dado que este cenário pressupõe que o transporte é automático. O objetivo é perceber se neste contexto a introdução de inovações que aumentem a velocidade de transporte e de limpeza de camas tem grandes vantagens na possibilidade de redução do número de camas do departamento de pediatria e consequente redução de custos. Verifica-se uma diminuição de 2,96 segundos (5,6%) dos tempos de ciclo médio das camas com internamento (Tabela 5.5) em relação à situação atual apresentada em 5.1, como seria de esperar uma vez que os tempos de transporte e limpeza de camas são menores. Os tempos de ciclos dos pacientes mantêm-se dado que não há alteração nas durações de tratamento e internamento. No entanto, o valor mais importante de observar, o número máximo de camas utilizadas foi de 59, um valor inferior ao da situação atual. Pode concluir-se que para este caso, e no que à redução do número de camas diz respeito a diminuição das durações de transporte e limpeza tem influência, permitindo uma redução de 4 camas (6,3%) quando comparado com os resultados da situação atual, 5.1.

Tabela 5.5 - Tempos de ciclo dos pacientes e camas para o Cenário C

	Mínimo	Médio	Máximo
Pacientes_internamento	12,00	48,82	160,71
Pacientes_sem_internamento	0,35	1,56	3,03
Camas_internamento	12,33	49,98	161,04
Camas_sem_internamento	0,52	2,54	8,16

Capítulo 6 – Conclusões e recomendações

O último capítulo da dissertação tem como objetivo apresentar as conclusões retiradas ao longo da mesma e também a apresentação de algumas recomendações em futuras investigações relacionadas com a gestão hospitalar.

6.1 – Conclusões da revisão bibliográfica e do caso de estudo

Os objetivos foram definidos como a apresentação de modos de melhorar a gestão das camas hospitalares, no sentido de melhorar a eficiência da gestão hospital, e demonstrar que a técnica de simulação computacional é uma ferramenta que deve ser utilizada na gestão de hospitais.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, apresentada no Capítulo 2, onde se refere a importância de uma eficiente gestão hospitalar, de modo a ser possível um hospital ter recursos humanos, medicamentos e equipamentos suficientes para assegurar os serviços de saúde mas sem comprometer o equilíbrio financeiro.

Um dos departamentos que contribui para os custos hospitalares é o departamento de logística. A gestão da logística hospitalar subdivide-se num grande número de áreas, sendo uma das áreas as camas hospitalares. As camas hospitalares são fundamentais num hospital, no entanto um número de camas em excesso representa um custo acrescido para o hospital. Além disso uma cama depois de utilizada por um paciente tem de passar por um processo de limpeza até estar novamente disponível para ser ocupada por um novo paciente. São referidos três importantes processos a ter em conta na gestão de camas hospitalares: i) o transporte; ii) a limpeza; iii) o rastreamento.

O transporte das camas atualmente é efetuado manualmente, por operadores ou enfermeiros nos hospitais. Deste modo, para além de ser necessário a existência de salários com estes recursos humanos ainda é um trabalho que provoca bastantes lesões físicas a longo prazo. Uma alternativa para acabar ou atenuar estas desvantagens passa pela automatização do transporte de camas hospitalares. Esta automatização, de acordo com a literatura, poderia melhorar a eficiência do transporte e reduzir as lesões. Como tecnologias para automatizar o transporte de camas foram referidas a *Flexbed*, uma cama de hospital móvel inteligente com capacidade de navegação autónoma, a utilização de AGVs como veículo de transporte e a utilização de um veículo de apoio ao transporte das camas, que embora não dispense a existência de um operador reduz o risco de lesões e aumenta a velocidade de transporte.

A limpeza de camas hospitalar é um processo de elevada importância na qualidade dos hospitais sendo que uma limpeza incorreta leva a uma propagação das HAIs. Em termos de limpeza são consideradas duas políticas: descentralizada ou centralizada. A escolha da política a adotar deve estar dependente do custo de mão-de-obra, do local do hospital e do tipo de serviços que este oferece, não existindo uma opção que seja unanimemente melhor do que a

outra na literatura recolhida. A política descentralizada caracteriza-se por ser uma limpeza que decorre nas próprias salas onde os pacientes são internados, após a sua saída do hospital, eliminando assim o transporte das camas para uma sala de limpeza. Uma limpeza descentralizada não é muito utilizada nos hospitais europeus e é obrigatoriamente manual, incorrendo em custos de mão-de-obra e a um maior risco de lesões humanas a longo prazo pelos trabalhadores responsáveis pela sua execução. Ainda assim, de acordo com a literatura a política descentralizada apresenta menos custos em relação à centralizada. A limpeza centralizada é caracterizada pela existência de uma sala própria de limpeza no hospital, onde todas as camas terão de passar após a ocupação por um paciente. Assim sendo sempre que um paciente desocupa uma cama esta tem de ser movimentada até à sala de limpeza. A limpeza centralizada pode ainda ser manual ou automatizada. A limpeza manual requer um menor investimento inicial no entanto provoca um maior número de lesões e de acordo com a literatura a qualidade desta limpeza é menor quando comparada com a limpeza automatizada. Assim, optando por uma limpeza centralizada a opção por automatizar o processo parece ser uma boa medida. Os modos de limpeza que podem ser utilizados são através de detergentes, alta pressão, calor ou radiação ultravioleta.

Em relação à tecnologia de rastreamento são referenciados dois tipos: código de barras e RFID. Ambas as tecnologias provocam melhorias na gestão da logística hospitalar sendo a tecnologia RFID a que apresenta mais vantagens, sendo mais facilmente aplicada e sendo possível a obtenção de um maior número de informações. Contudo, esta tecnologia apresenta um custo de implementação bastante superior. A solução proposta para o curto e médio prazo, uma vez que o investimento em tecnologia de RFID para todo o hospital é elevado, passa pela aplicação de uma solução híbrida, que consiste na introdução de códigos de barras e RFID simultaneamente para o rastreamento de camas, medicamentos e outros equipamentos nos hospitais.

Para além da pesquisa bibliográfica acerca da gestão das camas hospitalares é também importante referir os benefícios da utilização da técnica de simulação no apoio da tomada de decisão no que respeita à melhoria da eficiência da gestão hospitalar, de acordo com a literatura. Uma das vantagens da abordagem de simulação decorre da sua flexibilidade, bem como a sua capacidade para lidar com a variabilidade, incerteza e complexidade dos sistemas dinâmicos. Os hospitais são sistemas bastante complexos e deste modo é possível efetuar estudos com diferentes cenários sem perturbar o funcionamento quotidiano do hospital, evitando assim riscos para os pacientes.

No sentido de demonstrar o que é referido no parágrafo anterior foi efetuado um caso de estudo no hospital de Herlev, na Dinamarca. O caso de estudo é sobre o departamento de pediatria do hospital e pretende-se uma gestão hospitalar mais eficiente com a redução do número de camas. Para apoiar esta medida recorre-se à simulação através de um modelo no *software* Arena.

Após uma série de três simulações de dois anos do sistema atual verifica-se que é possível reduzir o número de camas sem que existam pacientes em espera. A redução do

número de camas no departamento de pediatria, de acordo com os resultados obtidos, poderá ser de 76 para 63 camas.

Apesar desses resultados, numa nova série de três simulações para um período de tempo de quatro anos indica que as 63 camas podem ser insuficientes, sendo preferível definir um valor de 65 camas. O facto de não otimizar um sistema é uma das desvantagens da simulação, como verificado neste exemplo. No entanto, como ferramenta de apoio comprova-se que é de grande utilidade, pois permite verificar que para a situação atual o número de camas é excessivo.

Noutros cenários, é possível verificar que para um aumento de 20% no número de pacientes de emergência que chegam ao sistema o número de camas atual é insuficiente. Foi também simulado o sistema com uma redução dos tempos de transporte e limpeza de camas de 50%. O tempo de ciclo médio de uma cama hospitalar neste cenário foi menor em relação à simulação do sistema atual. O número de camas máximo necessário sofre uma redução de 6,3% quando comparado com a situação atual, concluindo-se que para este caso de estudo a diminuição das durações de transporte e limpeza tem influência no número de camas necessário.

Com estes resultados, apesar de não existir uma solução ótima, verifica-se que a simulação ajuda efetivamente no apoio à tomada de decisão na gestão da logística hospitalar. Para além de apoiar a medida de redução do número de camas de 76 para 65, na situação atual, também demonstra que o investimento em tecnologias que diminuam os tempos de transporte e limpeza contribui para diminuir o número necessário de camas do caso de estudo. Além disso, estas conclusões podem ser tiradas sem a necessidade de investir em equipamentos nem perturbar o funcionamento normal do hospital.

6.2 – Sugestões para trabalhos futuros

Embora a dissertação demonstre a utilidade da aplicação da simulação na melhoria da eficiência da gestão hospitalar, foi realizada com algumas limitações que, em pesquisas e trabalhos futuros na mesma área deverão ser ultrapassadas.

Em primeiro lugar a quantidade de informação e dados obtidos deverá ser maior. Conhecer o custo anual de uma cama hospitalar, por exemplo, será um dado importante de conhecer, de maneira a poder contabilizar a redução de custos que a redução do número de camas provoca. Também será útil ter uma base de dados com os tempos de chegada, duração de tratamento, internamento para que seja possível analisar os dados completos. Conhecer mais informações acerca dos pacientes, equipamentos e processos de outros departamentos do hospital também deverá ser importante, de modo a modelar o hospital em vez de apenas o departamento de pediatria.

Por último, o *software* Arena utilizado foi a versão estudante que apresenta limitações ao nível do número de entidades que estão no sistema. Para sistemas mais complexos e com mais entidades, como um hospital, aconselha-se a utilização do *software* Arena na sua versão completa ou outro *software* de simulação.

Bibliografia

- Ã, A. S., & Absi, N. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management, *Int . J . Production Economics*, 128, 77–95.
- Ã, S. T., Chen, W., & Pai, F. (2008). Evaluating the business value of RFID : Evidence from five case studies, *Int . J . Production Economics*, 112, 601–613.
- Al-hamad, A., & Maxwell, S. (2008). How clean is clean ? Proposed methods for hospital cleaning assessment. *Journal of Hospital Infection*, 70, 328–334.
- Alexopoulos, C., Goldsman, D., Fontanesi, J., Kopald, D., & Wilson, J. R. (2008). Modeling patient arrivals in community clinics. *Omega*, 36, 33–43.
- Alrabghi, A., & Tiwari, A. (2016). A novel approach for modelling complex maintenance systems using discrete event simulation. *Reliability Engineering and System Safety*, 154, 160–170.
- Andersen, S. N., & Broberg, O. (2015). Participatory ergonomics simulation of hospital work systems : The in fl uence of simulation media on simulation outcome. *Applied Ergonomics*, 51, 331–342.
- Andrea, C. (2012). Waste savings in patient transportation inside large hospitals using lean thinking tools and logistic solutions. *Leadership in Health Services*, 26, 356-367.
- Aptel, O., & Pourjalali, H. (2001). Improving activities and decreasing costs of logistics in hospitals: a comparison of U.S. and French hospitals. *The International Journal of Accounting*, 36, 65–90.
- Babulak, E., & Wang, M. (2010). Discrete Event Simulation: State of the Art, Discrete Event Simulations, Aitor Goti (Ed.), ISBN: 978-953-307-115-2. *InTech*, Available from: <http://www.intechopen.com/books/discrete-event-simulations/discrete-event-simulation-state-of-the-art>.
- Bagust A., Place M., Posnett J.W. (1999). Dynamics of Bed Use in Accommodating Emergency Admissions: Stochastic Simulation Model. *BMJ*, 319,155–158.
- BarcodesInc. (2016). Choosing the Right RFID Technology. Retrieved March 2, 2016, from <https://www.barcodesinc.com/info/buying-guides/rfid.htm>
- Barroso, A. P. (2014). Simulação - Slides para o Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, 1–16.
- Bhattacharjee, P., & Ray, P. K. (2014). Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals: A review and reflections. *Computers and Industrial Engineering*, 78, 299–312.
- Bhattacharjee, P., & Ray, P. K. (2015). Operations Research for Health Care Simulation modelling and analysis of appointment system performance for multiple classes of patients in a hospital : A case study. *Operations Research for Health Care*, 8, 71–84.
- Bloss, R. (2012). Mobile hospital robots cure numerous logistic needs. *Industrial Robot: An International Journal*, 38, 567 -571.
- Christensen, M. C., & Remler, D. (2009). Information and Communications Technology in U . S . Health Care : Why Is Adoption So Slow and Is Slower Better?. *Journal of Health Politics Policy and Law*, 34, 1011-1034.
- CopenhagenInternational. (2016). Copenhagen Facts. Retrieved August 6, 2016, from <http://international.kk.dk/artikel/copenhagen-facts>

- Dancer, S. J. (2004). How do we assess hospital cleaning ? A proposal for microbiological standards for surface hygiene in hospitals. *Journal of Hospital Infection*, 56, 10–15.
- Dancer, S. J. (2011). Hospital cleaning in the 21st century. *European Journal of Clinical Microbiology*, 30, 1473-1481.
- Daniell, N., Merrett, S., & Paul, G. (2013). Effectiveness of powered hospital bed movers for reducing physiological strain and back muscle activation. *Applied Ergonomics*, 45, 849–856.
- Davies, A., & Davies, J. (2015). Perspectives in Arabian healthcare Initial steps in designing a simulation center and program to support the opening of a new women and children ' s hospital in Qatar. *Avicenna*, 1, 1–7.
- Debra, B. Y., & Maleski, A. N. N. (2014). Automated devices to handle tough hospital tasks. *Health Facilities Management*, 27, 1–6.
- Degaspari, J. (2011). Barcodes and RFID tags make inroads in hospitals. *International Journal of Information Management*, 33, 384–388.
- DenmarkStatistics. (2016). Population in Denmark. Retrieved August 7, 2016, from <https://www.dst.dk/en/Statistik/emner/befolkning-og-befolkningsfremskrivning/folketal>
- Devapriya, P., Strömlad, C. T. B., Bailey, M. D., Frazier, S., Bulger, J., Kemberling, S. T., & Wood, K. E. (2015). StratBAM : A Discrete-Event Simulation Model to Support Strategic Hospital Bed Capacity Decisions, *Journal of Medical Systems*, 39, 130.
- Digital, J. (2014). Caso de doente que morreu por não ter vaga em quatro hospitais sob investigação. Retrieved August 5, 2016, from <http://www.jornaldigital.com/noticias.php?noticia=40595>
- DSV. (2016). We define the future of logistics. Retrieved February 14, 2016, from <http://www.it.dsv.com/services-and-downloads/customer-cases/bispebjerg-hospital>
- Elam, M., Anderson, D., Lamphere, J., & Wilkins, B. (2011). Process improvement using arena simulation software. *International Journal of Business, Marketing, and Decision Sciences*, 4, 1-17.
- Feibert, D. C., & Jacobsen, P. (2015). Measuring process within healthcare logistics - A decision tool for selecting track and trace technologies, *Academy of Strategic Management Journal*, 14, 33–58.
- Gomes, C. (2008). Unidades estão a recusar doentes incuráveis por falta de camas. Retrieved August 5, 2016, from <https://www.publico.pt/portugal/jornal/unidades-estao-a-recusar-doentes-incuraveis-por-falta-de-camas-283318>
- Gul, M., & Guneri, A. F. (2015). Computers & Industrial Engineering. A comprehensive review of emergency department simulation applications for normal and disaster conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 83, 327–344.
- Haas, J. P., Menz, J., Dusza, S., & Montecalvo, M. A. (2014). American Journal of Infection Control Implementation and impact of ultraviolet environmental disinfection in an acute care setting. *American Journal of Infection Control*, 42, 586–590.
- Hanaeus, A., & Tolic, B. (2015). Technology and Logistics in Health Care Services, Master Thesis in Business Administration, Jönköping University.
- HerlevHospital. (2016). Nøgletal. Retrieved August 6, 2016, from <https://www.herlevhospital.dk/om-hospitalet/noegletal/Sider/Noegletal.aspx>

- Hopman, J., Nillesen, M., Both, E. De, Witte, J., & Teerenstra, S. (2015). Mechanical vs manual cleaning of hospital beds : a prospective intervention study. *Journal of Hospital Infection*, 90, 142–146.
- Jørgensen, P., Jacobsen, P., & Poulsen, J. H. (2013). Identifying the potential of changes to blood sample logistics using simulation. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation*, 73, 279–285.
- Kafetzidakis, I., & Mihiotis, A. (2012). Logistics in the Health Care System: The Case of Greek Hospitals. *International Journal of Business Administration*, 3, 23–32.
- Kaushal, A., Zhao, Y., Peng, Q., Strome, T., Weldon, E., Zhang, M., & Chochinov, A. (2015). Socio-Economic Planning Sciences Evaluation of fast track strategies using agent-based simulation modeling to reduce waiting time in a hospital emergency department. *Socio-Economic Planning Sciences*, 50, 18–31.
- Kelesidis, T., & Falagas, E. (2015). Substandard / Counterfeit Antimicrobial Drugs. *Clinical Microbiology Reviews*, 28, 443–464.
- Kim, S., Barker, L. M., Jia, B., Agnew, M. J., & Nussbaum, M. A. (2008). Effects of two hospital bed design features on physical demands and usability during brake engagement and patient transportation : A repeated measures experimental study. *International journal of nursing studies*, 46, 317–325.
- Kriegel, J., Jehle, F., Dieck, M., & Mallory, P. (2013). Advanced services in hospital logistics in the German health service sector. *Logistics Research*, 6, 47–56.
- Kumar, S., Swanson, E., & Tran, T. (2009). RFID in the healthcare supply chain : usage and application, *International Journal of Healthcare Quality Assurance*, 22, 67-81.
- Linux. (n.d.). O QUE É MIDDLEWARE. Retrieved February 1, 2016, from <https://www.4linux.com.br/o-que-e-middleware>
- Michael, K, & McCathie, L. (2005). The pros and cons of RFID in supply chain management. *Proceedings of the International Conference on Mobile Business*, 11 - 13 July 2005, 623-629.
- Mielczarek, B. (2013). Simulation modelling for contracting hospital emergency services at the regional level. *European Journal of Operational Research*, 235, 287–299.
- Neumann, L. (2003). Streamlining the supply chain. *Journal of the Helthcare Financial Management Association*, 57, 56–63.
- NordicStatistics. (2016). Capital area population by capital name and time. Retrieved August 6, 2016, from [http://91.208.143.100/pxweb/norden/pxweb/en/Nordic Statistics/Nordic Statistics__Population__Population size and change/POPU01.px/?rxid=53307732-ae5b-4d1f-885e-4f2ce7789ae0](http://91.208.143.100/pxweb/norden/pxweb/en/Nordic%20Statistics/Population/Population%20size%20and%20change/POPU01.px/?rxid=53307732-ae5b-4d1f-885e-4f2ce7789ae0)
- Owen, B. D., Keene, K., & Olson, S. (2002). An ergonomic approach to reducing back / shoulder stress in hospital nursing personnel : a five year follow up. *International journal of nursing studies*, 39, 295–302.
- Petzäll, J., & Petzäll, K. (2003). Transportation with hospital beds. *Applied Ergonomics*, 34, 383–392.
- Pordata. (2016a). Esperança média de vida. Retrieved August 8, 2016, from <http://www.pordata.pt/Europa/Esperança+de+vida+à+nascença+total+e+por+sexo-1260>
- Pordata. (2016b). População da Dinamarca. Retrieved August 8, 2016, from

<http://www.pordata.pt/Europa/Pesquisa/0/%27DK%27>

- Retsas, A., & Pinikahana, J. (2000). Manual handling activities and injuries among nurses : an Australian hospital study *Journal of Advancing Nursing*, 31, 875–883.
- Romero, A., & Lefebvre, E. (2015). Combining barcodes and RFID in a hybrid solution to improve hospital pharmacy logistics processes. *International Journal of Information Technology and Management*, 14, 97–123.
- RTP. (2015). Falta de camas está a provocar adiamentos de operações em Gaia. Retrieved December 15, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/pais/falta-de-camas-esta-a-provocar-adiamentos-de-operacoes-em-gaia_v819265
- Shim, B. S. J., & Kumar, A. (2013). Computer Simulation for Re-engineering Medical Supply Distribution in Hospitals. *Physician Executive*, 39, 46–52.
- Swisslog. (2016). TransCar - Automared Guided Vehicle. Retrieved February 10, 2016, from <http://www.swisslog.com/transcar>.
- Systematic. (n.d.). BED MANAGEMENT. Retrieved February 10, 2016, from <https://systematic.com/healthcare/products/columna-service-logistics/apps/bed-management/>
- Togt, R. Van Der, Bakker, P. J. M., & Jaspers, M. W. M. (2010). A framework for performance and data quality assessment of Radio Frequency IDentification (RFID) systems in health care settings. *Journal of Biomedical Informatics*, 44, 372–383.
- Ventura, J. A., Pazhani, S., & Mendoza, A. (2014). Finding optimal dwell points for automated guided vehicles in general guide-path layouts. *International Journal of Production Economics*, 170, 850–861.
- Ventura, J. A., & Rieksts, B. Q. (2009). Optimal location of dwell points in a single loop AGV system with time restrictions on vehicle availability. *European Journal of Operational Research*, 192, 93–104.
- Wamba, S. F., Anand, A., & Carter, L. (2013). A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues. *International Journal of Information Management*, 33, 875–891.
- Wang, C., Savkin, A. V, Clout, R., Nguyen, H. T., & Member, S. (2015). An Intelligent Robotic Hospital Bed for Safe Transportation of Critical Neurosurgery Patients Along Crowded Hospital Corridors. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 23, 744–754.
- Winkelmann, C., Leisten, R., & Kramer, A. (2008). Relevance of economic efficiency analysis of decentralized and centralized reprocessing of patients' beds in a maximum-care hospital. *GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär*, 33, 239–245.
- Zeinali, F., Mahootchi, M., & Mehdi, M. (2015). Simulation Modelling Practice and Theory Resource planning in the emergency departments : A simulation-based metamodeling approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, 123–138.

Anexos

Anexo I - Visão geral do hospital de Herlev e esquema do conveyor

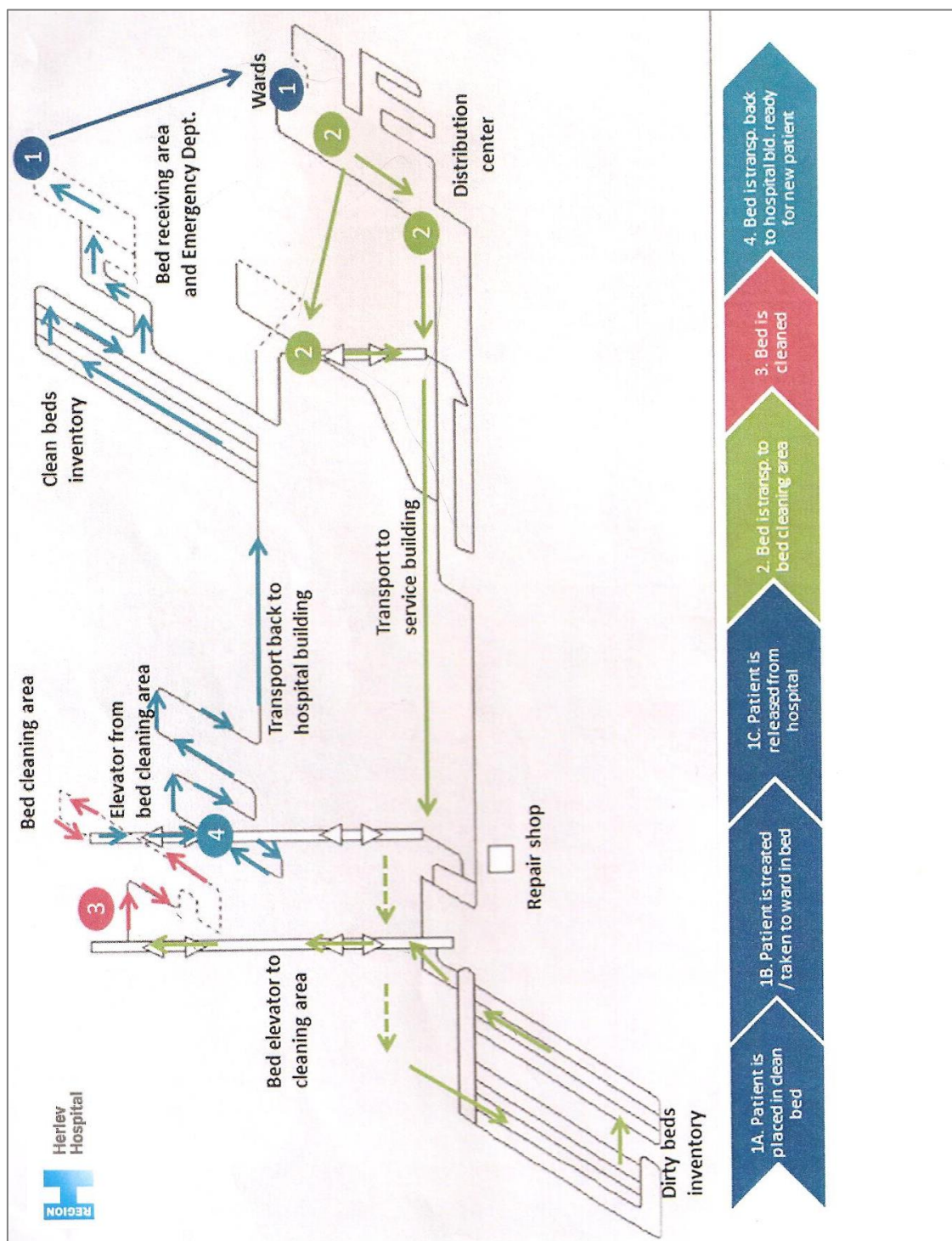


Figura I.5 - Visão geral do hospital de Herlev e esquema do conveyor